

LTE 工程师入场考题解析

信世为科技 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书内容主要包括 LTE 的应考知识要点、相应考试的典型题型解析和模拟题及参考答案。

本书针对考试中常见的 LTE 基本原理和产品知识,以及规划、维护、优化工作中的考核点一一做了梳理,对常见网优专题的分析思路、解决问题的方法重点进行了介绍。另外,多位从业多年的网优大咖为本书提供了很多实战经验和网优问题解决案例。

针对每个应考的知识要点,都配有相应的典型题型,并给出了题目的答案及其解析,共精选了约 100 道填空题、100 道判断题、100 道单选题、100 道多选题、120 道简答题,以便让广大读者熟悉题型,熟悉出题者思路。

本书最后为读者提供了 5 套 LTE 入场考试模拟题。

本书主要面向有一定 LTE 基础知识的读者,给出相应考试的要点总结和样题解析,方便读者进行相应行业考试的复习和岗位面试。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

LTE 工程师入场考题解析/信世为科技编著. —北京:电子工业出版社,2018.6

ISBN 978-7-121-34698-9

I. ①L… II. ①信… III. ①无线电通信—移动网—题解 IV. ①TN929.5-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 147822 号

策划编辑:曲 昕

责任编辑:康 霞

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:22.5 字数:576 千字

版 次:2018 年 6 月第 1 版


印 次:2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价:88.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254468, quxin@phei.com.cn。



前言

写作背景

近几年，LTE 网络规模不断增大，用户数也不断增多，与此同时，LTE-A 技术、物联网技术、宽带语音技术 VoLTE，甚至 5G 的一些关键技术，都会在 LTE 这张网上应用，使得多网多制式共存的无线网络更加复杂，无线性能的不确定性更加明显。这给无线网络优化（网优）工程师带来的挑战越来越大。

令无线网优工程师感触最深的事莫过于各种网优考试。有的是公司内部的定岗定薪考试，有的是设备厂家的认证考试或面试，还有的是运营商组织的网优项目入场考试。中国移动通信集团公司组织的网优工程师入场考试更是行业内的大事，很多网优厂家非常重视。

这些考试无一不考查网优工程师的才识和经验，但却很难找到一本能够帮他们过关的书。

LTE 工程及网优从业者共同面临的问题是，究竟应该掌握哪些知识、具备哪些能力才能满足岗位的要求，才能轻松迈过职场上的各种考试门槛。

本书将帮助你在无线工程及网优方向上勇敢地面对各种考试、各种挑战，提升自我职场价值，拓展自己的职场空间，过五关、斩六将，始终保持在这个行业的高端水平。

内容概要

本书的主要内容包括 LTE 的应考知识要点、相应考试的典型题型解析和模拟题及参考答案。本书写作的目的不同于仅提供知识点的考试大纲，也不同于详细介绍协议、流程、原理的书籍。本书主要面向有一定 LTE 知识基础的读者，给出相应考试的要点总结和样题解析，方便读者进行相应行业考试的复习和岗位面试。

本书把考试中常见的 LTE 基本原理和产品知识，以及规划、维护、优化工作中的考核点做了一一梳理。一般书籍在协议、流程、原理上的介绍较为详尽，而对实际优化维护中的经验和问题却很少涉及，但在考试中，优化维护这部分内容却非常难以把握。因此，本书反其道而行之，对基本原理、协议、流程只做概要性介绍，而对常见网优专题的分析思路、解决问题的方法重点进行了介绍。另外，多位从业多年的网优大咖为本书提供了很多实战经验，以及他们在实际工作中碰到的有代表性的案例。

针对每个应考知识点，都配有相应的典型题型，并给出了题目的答案及其解析。本书共精选了约 100 道填空题、100 道判断题、100 道单选题、100 道多选题、120 道简答题，以便让广大读者熟悉题型，熟悉出题者思路。

本书最后为读者提供了 5 套 LTE 入场考试模拟题。尽管这个行业的考试没有统一的模式，但这 5 套题是标准化考试题型，虽然不能覆盖所有考试题型，但很具借鉴意义。

组织编写情况

本书在组织编写过程中得到了很多从事网优工作的行业专家的大力支持。这些专家都直接参加过相应考试或多次参加过出题工作。

第 1 章由江云兴和王振世完成；第 2 章由江云兴和祝晓光完成；第 3 章由蔡朝阳完成；第 4 章由易健和艾怀丽完成；第 5~8 章由王振世完成；第 9 章、第 10 章由张欢、艾怀丽、左明、王振世共同完成。

书中所有题目及解析由江云兴、艾怀丽、张欢、祝晓光、蔡朝阳、易健和王振世共同完成。

最后，本书的审核修改工作由艾怀丽、左明、王振世共同完成。

读者对象

本书面向的是 LTE 相关的从业人员，尤其是需要进行各种考试和面试的人员，如 LTE 工程服务人员、优化维护人员、项目管理人员和有志于从事这个行业的社会人员。读者需要具有一些无线网络基础知识和 LTE 基础知识，或者能够根据本书给出的知识要点，参考具体专业书籍补齐相应的基础知识。

致谢

信世为公司的领导和员工多是 LTE 领域的资深从业者，有着丰富的实战经验，为业界提供了多次 LTE 工程优化咨询服务、LTE 入场考试咨询服务，培养了众多有志于从事 LTE 工程服务和优化维护的人员。

本书的出版还得到了电子工业出版社曲昕女士的大力支持和鼓励，如果没有她的认真负责，本书的编写工作很难付诸于行动。

最后，感谢所有的读者朋友，你们的持续关注是我们最大的欣慰。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

王振世

2018 年 5 月



作者介绍

王振世

曾在某通信领域世界 500 强企业供职 15 年，历任该单位移动系统部无线解决方案总工程师、无线网优项目总监、无线网络规划设计总监等职位，多次获得该单位金牌员工称号。

出版过《实战无线通信应知应会》、《LTE 轻松进阶》、《无线室内分布实战必读》等多部著作。现就职于北京信世为科技有限公司，担任企业 ICT 集成工程服务部总监。

张欢

同济大学通信专业工程硕士。自 2009 年起，在中国联合网络通信集团上海分公司网络优化中心从事 2G、3G、4G 网络的优化管理工作，在移动通信网络性能指标体系的评估和优化方面具有丰富的一线工作经验。

江云兴

曾在某世界 500 强通信企业供职 12 年，期间有 4 年海外工作经历，负责多个跨国销售项目和端到端的工程交付项目，历任无线优化项目总负责人和 IDC 解决方案总监等职位。

艾怀丽

高级工程师，1996 年毕业于原南京邮电学院计算机通信系，自 2007 年起，在中国移动通信集团江苏分公司网络部从事核心网维护、无线优化管理工作，多次获得中国移动网络维护人员技能竞赛一等奖，2012 年在中央企业职工技能大赛中获得电信机务员决赛金奖和“全国技能能手”称号，在移动通信网络的优化方面具有丰富的经验，曾多次带队全国技术支援，解决网络疑难问题。主要研究领域是移动通信系统端到端优化，主要研究成果包括基于终端的用户感知评测体系、基于用户感知的移动通信网络评估体系、无线网数据业务性能端到端优化、基于大数据的智能优化方案。

左明

具有移动通信领域 15 年工作经验，世界 500 强企业网络规划、优化、端到端高级专家经验，对无线网络端到端规划、解决方案设计及网络发展研究等有深刻理解；曾负责并带领千万级以上规划优化服务项目 11 个，参与客户化解决方案设计 30 多个，具有丰富的项目运营及管理经验。

易健

通信领域世界 500 强企业无线网络规划、优化专家，对运用网络大数据实现复杂场景的精准规划有独到经验，负责过超大型城市的网络优化性能提升项目，是用户体验管

理提升网络价值的先行者，中国 2G、3G、4G 网络 and 用户体验演进的践行者。

祝晓光

曾在通信领域世界 500 强企业工作 8 年，历任联通专业服务营销团队主管、地区部专业服务解决方案顾问。一款多功能智能短信网关发明人。1996 年毕业后加入一家互联网创业公司，任系统集成部经理，系国内早期的互联网从业者。

蔡朝阳

曾在通信领域世界 500 强企业任职 15 年，历任地区部工程项目经理、服务 Marketing 总工、代表处销售总监等，曾主持孟加拉国 PBTL 全网搬迁、印度尼西亚 Telkomsel 核心网搬迁、中国某省 4G 网络搬迁等重大项目。

目 录

第 1 章	LTE 基本原理	1
1.1	1G 到 5G 的网络演进	1
1.2	eUTRAN 网络架构	4
1.3	LTE 的关键技术与特性	7
1.3.1	双工方式	8
1.3.2	OFDM	10
1.3.3	调制技术	14
1.3.4	MIMO	16
1.4	LTE-A 的关键技术	20
1.4.1	载波聚合 (CA)	20
1.4.2	上/下行多天线增强 (Enhanced UL/DL MIMO)	22
1.4.3	CoMP	22
1.4.4	Relay	23
1.5	无线帧结构	24
1.5.1	FDD-LTE 无线帧结构	24
1.5.2	TDD-LTE 无线帧结构	25
1.6	LTE 信道结构和功能	28
1.6.1	信道介绍	28
1.6.2	信道映射关系	33
1.6.3	基本配置策略	35
1.7	资源管理	38
1.7.1	无线承载 QoS 控制	39
1.7.2	无线准入控制	44
1.7.3	资源调度	46
1.7.4	小区间干扰协调	49
1.7.5	切换控制	52
1.7.6	LTE 功率控制	57
1.7.7	负载均衡	61
1.8	系统消息 (MIB 和 SIB)	63
1.8.1	系统消息的定义	63
1.8.2	系统消息的组成	63
1.8.3	系统消息的内容	65

1.8.4	系统消息的调度	67
1.8.5	系统消息的获取	69
1.9	UE 状态及状态的迁移	70
1.9.1	UE 状态	71
1.9.2	UE 状态迁移	72
1.10	RRC 状态、EMM 状态和 ECM 状态	73
1.10.1	RRC 状态	73
1.10.2	EMM 状态	74
1.10.3	ECM 状态	75
1.10.4	RRC 状态和 ECM 状态的区别	76
1.11	小区选择和小区重选	77
1.11.1	小区选择	77
1.11.2	小区重选	78
第 2 章	LTE 信令与协议	82
2.1	eUTRAN 的主要接口和协议栈	82
2.1.1	空中接口 Uu	85
2.1.2	X2 接口	87
2.1.3	S1 接口	89
2.2	典型信令过程	91
2.2.1	小区搜索	92
2.2.2	附着流程	94
2.2.3	寻呼流程	97
2.2.4	TAU 流程	99
2.2.5	随机接入流程	104
2.2.6	Service Request 流程	107
2.2.7	专用承载建立流程	109
2.2.8	切换流程	111
2.2.9	去附着流程	116
第 3 章	EPC 知识概述	119
3.1	EPC 网络结构	119
3.2	关键网元功能	120
3.3	关键接口	123
3.4	网络标识	125
第 4 章	VoLTE 关键技术	127
4.1	LTE 语音业务承载的演进	127
4.2	IMS 网络实体	128
4.3	IMS 网络接口	130
4.4	IMS 用户标识	131

4.5	SIP/SDP	132
4.6	关键技术	133
4.6.1	TTI 绑定	133
4.6.2	半持续调度 (SPS)	135
4.6.3	RoHC	136
4.6.4	SRVCC	137
4.7	VoLTE 编/解码	137
4.7.1	语音常用编/解码	137
4.7.2	编/解码参数	138
4.7.3	AMR 和 AMR_WB 编码帧类型	139
4.8	VoLTE 语音质量评估方法	140
4.8.1	主观评估	141
4.8.2	主动式客观评估	141
4.8.3	被动式客观评估	141
第 5 章	eNodeB 产品知识	143
5.1	eNodeB 产品概述	143
5.2	eNodeB 产品架构	144
5.2.1	BBU 的组成	145
5.2.2	RRU 的组成	145
5.2.3	时钟同步系统	146
5.2.4	其他配套设备	146
5.3	eNodeB LTE 组网场景	147
第 6 章	LTE 无线网络规划	150
6.1	LTE 无线网络规划流程	150
6.2	覆盖规划	153
6.3	容量规划	155
6.4	室内覆盖设计	157
6.4.1	室内覆盖系统的构成	157
6.4.2	典型场景的特点	157
6.4.3	室内覆盖设计要点	158
6.5	LTE 小区参数规划	160
6.5.1	PCI 规划	160
6.5.2	TA 规划	162
6.5.3	邻区规划	164
第 7 章	LTE 操作维护系统及故障分析	168
7.1	操作维护系统	168
7.1.1	配置管理 (CM) 功能	169
7.1.2	性能管理 (PM) 功能	170

7.1.3	告警管理和故障管理 (AM&FM) 功能	172
7.1.4	安全管理 (SM) 功能	173
7.1.5	日志管理 (LM) 功能	173
7.2	eNodeB 天馈问题分析	174
7.2.1	天馈故障概述	174
7.2.2	射频通道故障	176
7.2.3	GPS 故障分析	177
7.2.4	CPRI 接口故障	178
7.3	eNodeB 传输问题分析	179
7.3.1	传输问题分类	179
7.3.2	定位传输问题的总体解决思路	180
第 8 章	工具及指标	183
8.1	路测工具及路测内容	183
8.1.1	路测的常用工具	183
8.1.2	路测的常见内容	183
8.2	信令监测系统	186
8.2.1	信令监测采集点	186
8.2.2	接口作用表	187
8.3	KPI	188
8.3.1	KPI 的获取	188
8.3.2	KPI 的分类	188
第 9 章	LTE 网络优化	190
9.1	LTE 覆盖类问题	190
9.1.1	覆盖指标分析	190
9.1.2	产生覆盖问题的原因	190
9.1.3	解决覆盖问题的手段	191
9.2	LTE 干扰问题	193
9.2.1	干扰的分类	193
9.2.2	干扰原因分析	195
9.2.3	干扰优化思路	195
9.3	LTE 接入类问题	201
9.3.1	RRC 阶段接入类问题	201
9.3.2	ERAB 阶段接入类问题	205
9.4	LTE 接续时延问题	209
9.4.1	基本原理	209
9.4.2	接续时延的原因分析	211
9.4.3	优化思路	212
9.5	LTE 切换类问题	213

9.5.1	切换准备成功率优化	213
9.5.2	切换执行成功率优化	217
9.6	LTE 数据业务速率类问题	223
9.6.1	下载速率低的原因	223
9.6.2	三维模型	224
9.6.3	数据业务优化思路	225
9.7	2G、3G、4G 互操作问题	227
9.7.1	互操作策略	227
9.7.2	网络互操作优先级划分	229
9.7.3	互操作的几种场景	230
9.8	LTE 掉线类问题	233
9.8.1	掉线原理及流程	233
9.8.2	LTE 网络无线掉线原因	234
9.8.3	优化思路和方法	236
9.9	VoLTE 注册类问题	238
9.9.1	VoLTE 注册类问题的原理及流程	238
9.9.2	VoLTE 注册失败原因分析	240
9.9.3	VoLTE 注册优化思路	241
9.10	VoLTE 接入类问题	243
9.10.1	VoLTE 接入成功率的定义	243
9.10.2	VoLTE 接入失败的原因	245
9.10.3	VoLTE 优化思路	246
9.11	VoLTE 时延类问题	247
9.11.1	VoLTE 呼叫时延的定义	247
9.11.2	VoLTE 呼叫时延影响因素分析	249
9.11.3	VoLTE 优化思路和方法	250
9.12	VoLTE MOS 值低的问题	253
9.12.1	VoLTE MOS 值低的原因分析	253
9.12.2	优化思路和方法	255
9.13	VoLTE 掉线类问题	257
9.13.1	VoLTE 掉线类问题概述	257
9.13.2	VoLTE 业务掉线的原因	259
9.13.3	VoLTE 业务掉线的优化思路和方法	260
9.14	VoLTE eSRVCC 问题	262
9.14.1	VoLTE eSRVCC 问题概述	262
9.14.2	VoLTE eSRVCC 失败原因分析	263
9.14.3	VoLTE eSRVCC 优化思路	265
第 10 章	网优案例参考	268
10.1	覆盖类优化案例	268

10.1.1	弱覆盖导致 SINR 差的优化	268
10.1.2	弱覆盖潜在风险的优化	268
10.2	干扰类优化案例	270
10.2.1	室内小区干扰排查	270
10.2.2	外部干扰造成下行流量低	270
10.3	接入类优化案例	273
10.3.1	RRC 拥塞	274
10.3.2	小区底噪高导致 RRC 建立失败	274
10.3.3	核心网原因造成 ERAB 建立失败	274
10.4	切换类优化案例	275
10.4.1	外部小区配置失败造成切换准备失败	276
10.4.2	目标小区准入失败造成切换准备失败	276
10.4.3	小区切换准入算法缺陷造成切换准备失败	277
10.4.4	目标小区高干扰	278
10.4.5	邻区漏配	279
10.4.6	异频切换参数不合理	280
10.4.7	相邻小区 PCI 复用距离过小	281
10.5	数据业务优化案例——下行吞吐量受限的问题	282
10.6	LTE 掉线类案例——核心网网元软件 Bug 引起无线掉线率恶化	283
10.7	VoLTE 注册类优化案例	284
10.7.1	开户问题导致注册失败	284
10.7.2	某款终端初始注册失败大规模增多	284
10.7.3	无线弱覆盖问题导致注册失败	284
10.8	VoLTE 接入类优化案例——VoLTE 承载资源分配与下行 CoMP 功能冲突	285
10.9	VoLTE 接续时延类问题	286
10.9.1	寻呼周期设置过长导致呼叫时延长	286
10.9.2	VoLTE 用户呼叫 VoLTE 用户接续时延超长	286
10.9.3	MME 寻呼策略导致呼叫时延超长	287
10.10	VoLTE MOS 类案例	288
10.10.1	对端上行问题导致语音 MOS 值低	288
10.10.2	本端下行问题导致语音 MOS 值低	288
10.10.3	VoLTE 用户呼叫 VoLTE 用户出现选择窄带编/解码 导致 MOS 值低	289
10.11	VoLTE 掉线类案例	291
10.11.1	VoLTE 在 MME Pool 边界掉线	291
10.11.2	核心网异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线	292
10.11.3	基站异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线	294
10.12	VoLTE 切换类案例	295
10.12.1	异系统外部小区定义错误导致 eSRVCC 成功率低	296
10.12.2	小区间乒乓切换	296

10.13 CSFB 类案例.....	298
10.13.1 UE 未收到 Release 消息重选到 TD-SCDMA	298
10.13.2 MME 配置 TA 与 LA 映射错误导致开机联合注册失败	300
模拟题及参考答案.....	301
模拟题 1	301
模拟题 2	306
模拟题 3	310
模拟题 4	314
模拟题 5	319
模拟题 1 参考答案.....	324
模拟题 2 参考答案.....	328
模拟题 3 参考答案.....	331
模拟题 4 参考答案.....	334
模拟题 5 参考答案.....	338
附录 LTE 无线网优工程师各等级技能要求	342

第 1 章 LTE 基本原理

1.1 1G 到 5G 的网络演进

考 点 介 绍

1G 到 5G 的主要制式。

1G 到 5G 的峰值速率。

无线通信从 1G 到 5G 的发展过程，就是人们不断追求在有限的带宽上，实现更高速率、更高质量、更丰富业务的过程，如图 1-1 所示。

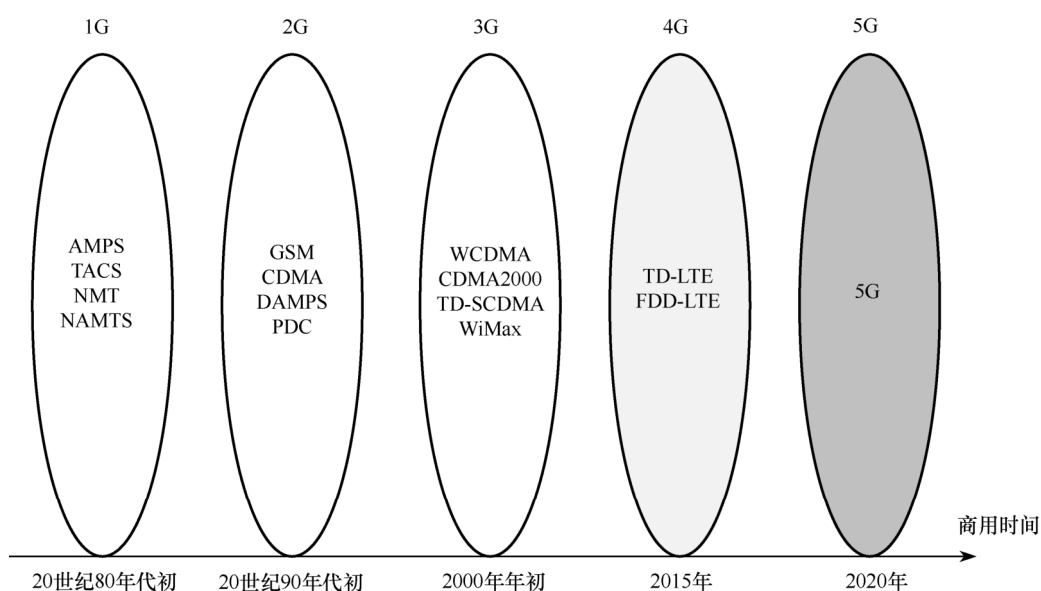


图 1-1 1G 到 5G

20 世纪 80 年代初出现了 1G，采用模拟移动制式，代表制式有 AMPS，以及在此基础上改进实现的 TACS 系统。这两个技术都采用了频分复用的多址方式、FDD 的双工方式。

移动性和蜂窝组网是第一代移动通信的主要突破点，但模拟信号最大的问题就是抗干扰能力差。

2G 时代的主要特点是：微蜂窝小区结构、数字化技术、新的调制方式、频谱利用率

高、便于实现通信安全与保密。

多址技术有两种：时分多址技术（TDMA）和码分多址技术（CDMA）。

全球形成 GSM、CDMA、TDMA、PDC 四种 2G 制式共存的局面。

随着对更大容量、更多增值业务（手机上网、可视电话、视频共享、流媒体等）的高数据速率、新频段的需求，以 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 三种制式为代表的 3G 时代来临了，如表 1-1 所示。

表 1-1 主要 3G 制式的比较

制式	WCDMA	CDMA2000	TD-SCDMA
采用国家和地区	欧洲、日本	美国、韩国	中国
继承基础	GSM	窄带 CDMA	GSM
核心网	GSM MAP	ANSI-41	GSM MAP
目前工作频段	1 940~1 955MHz（上行） 2 130~2 145MHz（下行）	1 920~1 935MHz（上行） 2 110~2 125MHz（下行）	1 880~1 900MHz 2 010~2 025MHz
双工方式	FDD	FDD	TDD
接收器结构	Rake		
主要多址方式	CDMA	CDMA	CDMA+SDMA
载波带宽	5MHz	1.25MHz	1.6MHz
码片速率	3.84Mchip/s	1.228 8Mchip/s	1.28Mchip/s
支持速率	14.4Mb/s（DL）/5.76Mb/s（UL）	3.1Mb/s（DL）/1.8Mb/s（UL）	2.8Mb/s（DL）/384Kb/s（UL）
同步方式	无须同步	同步	同步
切换	软、硬切换	软、硬切换	接力切换
功率控制	快速功控：上/下行 1 500Hz	上行：800Hz	0~200Hz
		下行：慢速、快速功控	

2004 年 12 月在多伦多的 3GPP 会议上，LTE 的概念被正式提出。2013 年 12 月 4 日，工信部向中国移动、中国电信、中国联通分别颁发了一张 LTE 的 4G 运营牌照，从而使 2014 年成为我国 4G 正式运营元年。

LTE 是为了提供更快数据业务而设计的，最初规划的最高空口速率是 100Mb/s。LTE 属于分组网络（PS 域），适用于承载数据业务。LTE 对语音业务的承载需部署 IMS 系统，终极方案是 VoLTE（Voice over LTE，LTE 承载语音）。

2016 年年初在巴塞罗那移动通信大会上，美、日、韩等国运营商成立了“5G 公开实验规范联盟”。在未来数年内，数据业务流量需求将增加 1 000 倍，接入终端设备种类将增加 100 倍，业务和应用的速率需求将增加 100 倍，同时要求接入时延接近于零，电池寿命要求延长至 10 年以上。到 2020 年，全球将有 500 亿连接需求。5G 时代，就是为了满足普遍存在的万物互联的需求而被提上日程的。

从 1G 到 5G，空口速率从 Kb/s 级别提高到 10Gb/s，如图 1-2 所示。这些都得益于复用技术、编码技术、扩频技术、调制技术、多天线技术的成熟和普及，而支撑这些技术成熟和普及的最深层原因则是芯片计算能力的飞速提升。

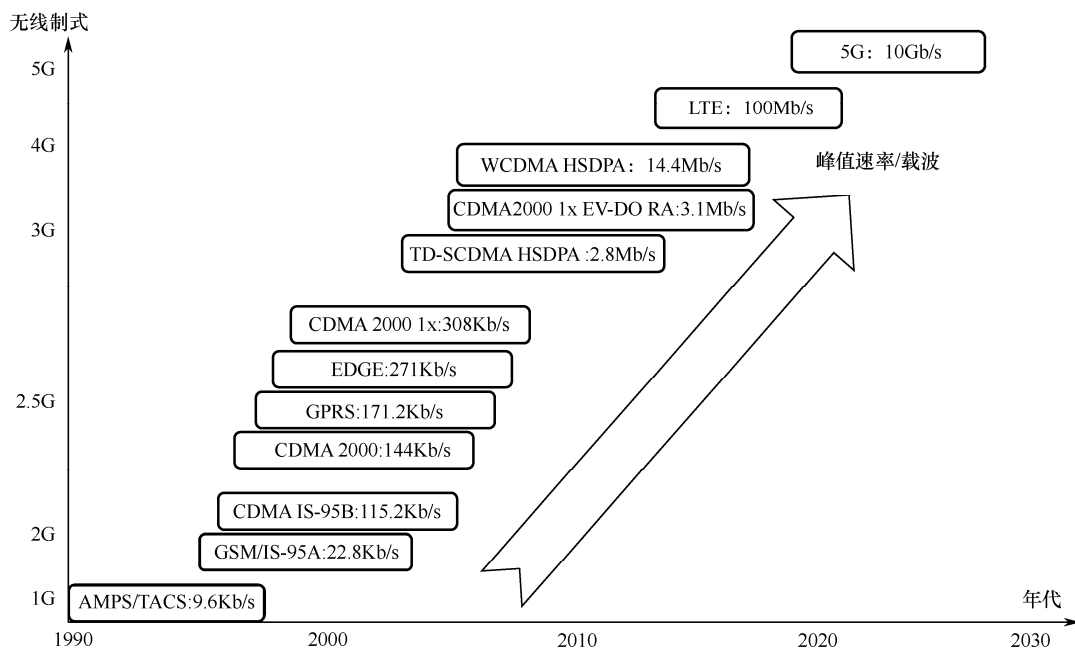


图 1-2 从 1G 到 5G 峰值速率的提升



填空题

1. 3GPP 定义，TD-LTE 下行峰值速率在 20MHz 频谱分配条件下，网络侧 2 个发射天线、UE 侧 2 个接收天线，可以达到_____Mb/s。

答案：100 Mb/s。

解析：3GPP 定义，TD-LTE 下行峰值速率在 20MHz 频谱分配条件下，网络侧 2 个发射天线、UE 侧 2 个接收天线，可以达到 100 Mb/s。

2. 3GPP 定义，TD-LTE 上行峰值速率在 20MHz 频谱分配条件下，UE 侧 1 个接收天线，可以达到_____Mb/s。

答案：50 Mb/s。

解析：3GPP 定义，TD-LTE 上行峰值速率在 20MHz 频谱分配条件下，UE 侧 1 个接收天线，可以达到 50 Mb/s。



判断题

1. TACS 是 2G 时代的一种制式。()

答案：×

解析：TACS 是 1G 模拟时代的代表制式。2G 时代已经进入数字化时代，代表制式为 GSM 和 CDMA。

2. 先有了 HSPA+、EDGE+，才有了 LTE 的多天线技术。()

答案：×

解析：先有 LTE 标准，然后才有 HSPA+、EDGE+，它们的出现完全是为了保护运营商的已有投资。



单选题

1. 峰值速率最高可以达到 100Mb/s 的无线制式是 ()。

A. GPRS

B. HSDPA

C. TDD-LTE

D. 5G

答案: C

解析: GPRS 的理论最高速率是 171Kb/s, HSDPA 的理论最高速率是 14.4Mb/s, TDD-LTE 的理论最高速率是 100Mb/s, 5G 的最高速率是 10Gb/s。

2. LTE TDD 网络中, 当数据速率为 144 Kb/s 时, 系统最高可以支持 () 的移动速度。

A. 120 km/h

B. 250 km/h

C. 450 km/h

D. 360 km/h

答案: B

解析: 在高速移动时, 多普勒效应会导致快衰落, 速度越高, 衰落变换频率越快, 衰落深度越深。在目前芯片处理速度和算法的基础上, 当数据速率为 144Kb/s 时, TDD 的最高移动速度可达 250km/h。

1.2 eUTRAN 网络架构

考点介绍

eUTRAN 网络的组成及接口

eNodeB 的主要功能

LTE 中采用了扁平化结构, 如图 1-3 所示。eNodeB 本身具有独立的资源管理功能, 各个 eNodeB 之间通过直接的互联可以实现相互协调与合作。

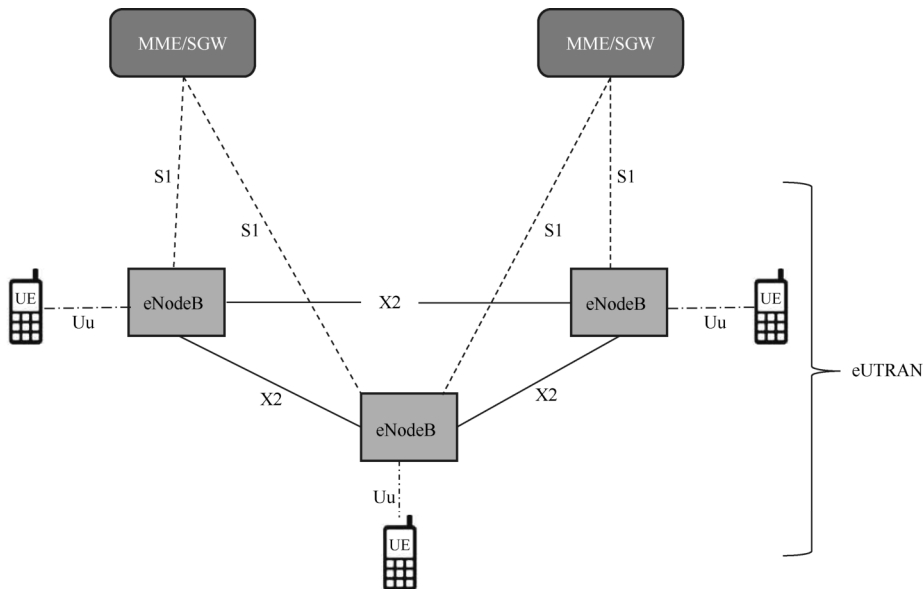


图 1-3 eUTRAN 网络架构

eUTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) 由多个 eNodeB (Evolved NodeB, 演进的 NodeB) 组成。与其他网元的连接如下。

- (1) eNodeB 与 MME/SGW 通过 S1 接口连接;
- (2) eNodeB 之间通过 X2 接口连接;
- (3) eNodeB 与 UE 之间通过 Uu 接口连接。

和 UMTS 相比, 由于 NodeB 和 RNC 融合为网元 eNodeB, 所以 LTE 系统少了 NodeB 和 RNC 之间的 Iub 接口。

LTE 系统中, eNodeB 的功能包括:

- (1) RRM (无线资源管理) 功能;
- (2) IP 头压缩及用户数据流加密;
- (3) UE 附着时的 MME 选择;
- (4) 寻呼信息的调度传输;
- (5) 广播信息的调度传输;
- (6) 设置和提供 eNodeB 的测量等。



填空题

1. 在 eUTRAN 系统中, eNodeB 之间的接口为_____。

答案: X2。

解析: X2 接口实现 eNodeB 之间的互联。

2. eUTRAN 包含的网元名称叫_____。

答案: eNodeB。

解析: eNodeB 是 LTE-SAE 系统的接入设备, 一个或多个 eNodeB 组成一个 eUTRAN。

3. 用于发送 eNodeB 与 SGW 之间用户数据的接口是_____。eNodeB 通过_____接口和终端 UE 进行通信。

答案: S1-U、Uu。

解析: eNodeB 通过 X2 接口与其他 eNodeB 通信, 通过 S1-U 接口与 SGW 通信, 通过 Uu 接口与 UE 通信。

4. LTE 没有了 RNC, 空中接口的用户平面 (MAC/RLC) 功能由_____进行管理和控制。

答案: eNodeB。

解析: LTE 中没有 RNC 网元, 以前 RNC 对用户平面 (MAC/RLC) 的控制和管理功能在 eNodeB 中实现。



判断题

eNodeB 的主要功能有无线资源管理、数据包压缩加密、MME 选择等。 ()

答案: √

解析: eNodeB 的主要功能有无线资源管理, 包括无线承载控制、无线准入控制、连接移动性控制和资源调度, 数据包的压缩加密, 用户面数据包到 SGW 的路由, MME 选择等。



单选题

1. LTE 采用扁平化网络结构的原因是 ()。

- A. 设备少、开局容易且传输时延小, O&M 操作简单
- B. 设备少、开局容易、O&M 操作简单, 但传输时延大
- C. 开局容易、O&M 操作简单, 但传输时延大, 需要增加大量设备

答案: A

解析: LTE 采用由 eNodeB 构成的单层结构, 扁平化了网络结构, 这种结构有利于改善网络时延并降低延迟, 且实现了低时延、低复杂度。设备少、开局容易, O&M 操作也简单了很多。

2. LTE 相对于 3G, 少了哪个网元? ()

- A. eNodeB
- B. RNC
- C. MME
- D. BBU

答案: B

解析: 相对于 3G 网络, LTE 中没有 RNC 网元。而在 eNodeB 中, 集成了部分 RNC 的功能, 减少了网络结构的层级, 网络更加扁平化。

3. eUTRAN 包括下列哪些节点? ()

- A. eNodeB 和 RNC
- B. SGW 和 PGW
- C. eNodeB
- D. eNodeB 和 SGW

答案: C

解析: eUTRAN 包含一个或多个 eNodeB。LTE 中没有 RNC 网元。SGW 和 PGW 属于核心网设备, 不属于 eUTRAN 内容。

4. 下面不属于 eNodeB 的主要功能的是 ()。

- A. 无线资源管理
- B. 用户面数据包到 SGW 的路由
- C. 寻呼消息的分发
- D. 广播消息、寻呼消息等的调度和发送

答案: C

解析: 寻呼消息的分发属于 MME 的主要功能, 不是 eNodeB 的。无线资源管理、用户面数据包到 SGW 的路由、广播消息、寻呼消息等的调度和发送都是 eNodeB 的主要功能。

5. 下面属于 eNodeB 的主要功能的是 ()。

- A. 支持由于 UE 移动性产生的用户面切换
- B. 测量及测量报告配置
- C. 空闲状态的移动性管理
- D. SAE 承载控制

答案: B

解析: 支持由于 UE 移动性产生的用户面切换, 属于 SGW 的主要功能。空闲状态的移动性管理、SAE 承载控制属于 MME 的主要功能。

这里, 只有测量及测量报告配置是 eNodeB 的主要功能。

6. 下列协议中, 哪个不归 eNodeB 处理? ()

- A. RRC
- B. PDCP
- C. RLC
- D. RANAP

答案: D

解析: 无线接入网络应用部分 (RANAP, Radio Access Network Application Part) 是 RNC 和 CN 之间的控制面协议。与 LTE 的 eNodeB 无关。



多选题

1. eNodeB 具备以下哪些功能？（ ）

- A. 与无线资源管理相关的功能，包括无线承载控制、接纳控制、连接移动性管理、上/下行动态资源分配/调度等
- B. UE 附着时的 MME 选择
- C. 测量与测量报告的配置
- D. 空闲状态下的移动性管理

答案：ABC

解析：LTE 系统中，eNodeB 的功能包括 RRM（无线资源管理）功能；IP 头压缩及用户数据流加密、UE 附着时的 MME 选择；寻呼信息的调度传输、设置和提供 eNodeB 的测量等。eNodeB 不负责空闲状态的移动性管理，这是由 MME 负责的。

2. 以下属于 eNodeB 功能的有（ ）。

- A. 空闲状态下的移动性管理
- B. 寻呼信息的分发
- C. IP 头压缩
- D. 无线资源管理

答案：CD

解析：空闲态下的移动性管理、寻呼信息的分发是 MME 的主要功能。数据包的压缩加密和无线资源管理是 eNodeB 的主要功能。

3. 下面哪些是 LTE 系统中的网元？（ ）

- A. MME
- B. RNC
- C. eNodeB
- D. NodeB

答案：AC

解析：RNC 属于 3G 网元。NodeB 也是 3G 中基站的称呼。属于 LTE 网元的有 MME 和 eNodeB。

1.3 LTE 的关键技术与特性

考 点 介 绍

LTE 的关键技术。



简答题

LTE 有哪些关键技术？请做简单说明。

解答：

(1) OFDM：将信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制到每个子信道上进行传输。

(2) MIMO：不相关的各天线上分别发送多个数据流，利用多径衰落，在不增加带宽和天线发送功率的情况下，提高信道及频谱利用率及下行数据的传输质量。

(3) 高阶调制：16QAM、64QAM。

(4) HARQ: 下行异步自适应 HARQ。

(5) AMC: TD-LTE 支持根据上/下行信道互易性进行 AMC 调整。

1.3.1 双工方式

考 点 介 绍

TDD 和 FDD 双工方式的特点。

TDD 和 FDD 各自的优缺点。

LTE 系统定义了频分双工 (Frequency Division Duplexing, FDD) 和时分双工 (Time Division Duplexing, TDD) 两种不同的双工方式。

FDD 在分离的两个对称频率信道上进行接收和发送, 用保护频段来分离接收和发送信道, 所以 FDD 必须采用成对的频率, 依靠频率来区分上/下行链路, 其单方向的资源在时间上是连续的。

TDD 用时间来分离接收和发送信道, 接收和发送使用同一频率载波的不同时隙作为信道的承载, 其单方向的资源在时间上是不连续的。时间资源在两个方向上进行了分配。

TDD 双工方式的优点如下:

- (1) 能够灵活配置频率, 可以使用离散频段;
- (2) 通过调整上/下行时隙转换点, 可以很好地支持非对称业务;
- (3) 具有上/下行信道一致性, 基站的接收和发送可以共用部分射频单元;
- (4) 接收上/下行数据时, 不需要收发隔离器, 只需要一个开关即可;
- (5) 具有上/下行信道互易性, 能够更好地采用传输预处理技术, 如预 RAKE 技术、联合传输 (JT) 技术、智能天线技术等, 能有效降低移动终端的处理复杂度。

相对于 FDD 来说, TDD 双工方式还有如下一些缺点。

(1) 需要较大的发射功率: 由于 TDD 方式的时间资源分别给了上行和下行, TDD 方式的发射时间大约只有 FDD 的一半。如果 TDD 要发送和 FDD 同样多的数据, 就要增大 TDD 的发射功率。

(2) TDD 系统上行受限: TDD 基站的覆盖范围明显小于 FDD 基站。

(3) 需要较大的保护带宽: TDD 系统收发信道同频, 无法进行干扰隔离, 系统内和系统间存在较大干扰; 为了避免与其他无线系统之间的干扰, TDD 需要预留较大的保护带宽, 从而影响了整体频谱利用效率。

(4) 高速移动性能较差: ITU 要求 TDD 系统的移动速度达到 120km/h, 要求 FDD 系统的移动速度达到 500km/h。



填空题

LTE 系统中定义了_____和_____两种不同的双工方式。

答案: 频分双工、时分双工

解析: LTE 系统同时定义了频分双工 (Frequency Division Duplexing, FDD) 和时分

双工（Time Division Duplexing, TDD）两种不同的双工方式。



判断题

FDD 在分离的两个对称频率信道上进行接收和发送，用保护频段来分离接收和发送信道，所以 FDD 可以不采用成对的频率，依靠频率来区分上/下行链路。（ ）

答案：×

解析：FDD 在分离的两个对称频率信道上进行接收和发送，用保护频段来分离接收和发送信道，所以 FDD 必须采用成对的频率，依靠频率来区分上/下行链路，其单方向的资源在时间上是连续的。



多选题

1. LTE 的双工可采用 FDD 和 TDD，其中 TDD 的主要优势在于（ ）。

- A. 支持非对称频谱
- B. 对于非对称业务资源利用率高
- C. 信道估计更简单，功率控制更精确
- D. 多普勒频移影响小，移动性支持好
- E. TDD 基站的覆盖范围明显大于 FDD 基站

答案：ABC

解析：TDD 双工方式的优点：可以通过调整上/下行时隙转换点来提高下行时隙比例，能够很好地支持非对称业务。对于非对称业务利用率也高，具有上/下行信道一致性，信道估计更简单，功率控制更精确，但 TDD 对移动性支持能力较差，TDD 基站的覆盖范围和 FDD 相比不会有明显优势。

2. TDD 与 FDD 的主要差别是（ ）。

- A. 多址方式差异：FDD 和 TDD 多址方式不同
- B. 双工模式差异：FDD 和 TDD 双工方式不同
- C. 帧结构差异：FDD 和 TDD 帧结构不同
- D. 带宽差异：FDD 和 TDD 支持的带宽不同

答案：BC

解析：TDD 与 FDD 的多址方式是一样的：下行都是 OFDMA，上行都是 SC-FDMA。支持的带宽也是一样的。

FDD 和 TDD 是两种不同的双工方式，FDD 在分离的两个对称频率信道上进行接收和发送，依靠频率来区分上/下行链路；TDD 用时间来分离接收和发送信道，接收和发送使用同一频率载波的不同时隙作为信道的承载。FDD 和 TDD 的帧结构定义也有所不同。



简答题

请列举 LTE 系统的双工模式有几种？TDD 的优缺点分别是什么？

解答：

LTE 系统同时定义了频分双工（FDD）和时分双工（TDD）两种不同的双工方式。

FDD：上/下行分别使用不同的频段。适用于上/下行对称业务，而对于非对称业务，

它的频率利用率不高，不能使用离散频段。

TDD：上/下行采用不同的时间进行传输。和 FDD 相比，优点是频率利用率高，可以灵活配置频率，可以通过调整上/下行时隙转换点来提高下行时隙比例，能够很好地支持非对称业务，具有上/下行信道一致性。

TDD 的缺点是需要严格的时间同步，此外会引入额外开销；需要较大的发射功率；TDD 系统上行受限，因此 TDD 基站的覆盖范围明显小于 FDD 基站；TDD 系统收发信道同频，无法进行干扰隔离，系统内和系统间存在干扰；高速移动性能较差。

1.3.2 OFDM

考 点 介 绍

OFDM 的技术实现。

RE 和 RB。

CP 的作用。

OFDM 的优缺点。

正交频分复用（Orthogonal Frequency Division Multiplex，OFDM）是一种多载波调制方式，通过减小和消除码间串扰的影响来克服信道的频率选择性衰落。

OFDM 的主要思想是：将信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流调制到每个子信道上进行传输。

正交信号可以通过在接收端采用相关技术来分开，这样可以减少子信道之间的相互干扰。每个子信道上的信号带宽小于信道的相干带宽，因此每个子信道上的衰落可以看成平坦性衰落，从而可以消除符号间干扰。由于每个子信道的带宽仅仅是原信道带宽的一小部分，所以信道均衡变得相对容易。

OFDM 系统包含很多功能模块，与 OFDM 实现强相关的功能模块有 3 个：① 串/并、并/串转换模块；② FFT、逆 FFT 转换模块；③ 加 CP、去 CP 模块。

LTE 空中接口资源分配的基本单位是物理资源块（Physical Resource Block，PRB）。1 个物理资源块 PRB 在频域上包括 12 个连续的子载波，在时域上包括 7 个连续的常规 OFDM 符号周期。LTE 的一个物理资源块 PRB 对应的是带宽为 180 kHz、时长为 0.5 ms 的无线资源。

LTE 的下行物理资源可以看成由时域和频域资源组成的二维栅格。可以把一个常规 OFDM 符号周期和一个子载波组成的资源称为 1 个资源单位（Resource Element，RE）。于是，一个 RB 包含的 RE 数目为

$$12 \times 7 = 84$$

即一个 RB 包含 84 个 RE。

循环前缀（Cyclic Prefix，CP）就是将每个 OFDM 符号的尾部一段复制到符号之前用作保护间隔。加入 CP，与纯粹的加空闲保护时段相比，增加了冗余符号信息，从而更有利于克服干扰。

OFDM 相比于 CDMA 技术有以下优势。

（1）频谱效率高：OFDM 允许各个子载波部分交叠，从而提高了资源的利用效率，

提升了系统的容量。

(2) 带宽扩展性强：由于 OFDM 系统的信号带宽取决于所使用的子载波数量，因此 OFDM 系统具有很好的带宽扩展性。而 CDMA 系统只能通过提高码片速率来支持更大的带宽，因此灵活度不够。

(3) 抗多径衰落：由于 OFDM 将宽带传输转化为很多个窄带子载波并行传输，每个子载波可以认为是平坦衰落的信道，接收器实现简单，从而可以大大降低多径衰落带来的影响。但是对于 CDMA 系统，带宽越宽，多径数目越多，所受到的多径影响越严重，无线接收器的设计变得越复杂。

(4) 资源分配颗粒度更小：OFDM 资源调度的颗粒度更小、更加灵活，可以在不同的子载波上选择不同的调制编码方式、传输方式等。

(5) MIMO 技术实现简单：OFDM 技术使得每个子载波上的信道可以看成平坦衰落信道，从而使子载波上的 MIMO 检测仅需考虑单径信道而不需要考虑多径的影响。

OFDM 技术有以下缺点。

(1) 峰均比高：OFDM 的峰均比（峰值功率与系统总平均功率的比值）比 CDMA 高很多，会影响射频功率放大器的效率，从而增加硬件成本。

(2) 对同步误差较敏感：时间偏移误差会导致 OFDM 子载波的相位偏移，而频率偏移误差则会导致子载波间失去正交性，带来子载波间的干扰，从而影响接收性能。



填空题

1. LTE 最小的时频资源单位是_____，最小的空口资源分配单位是_____。

答案：RE、PRB

解析：最小的时频资源为一个常规 OFDM 符号周期和一个子载波组成的时频资源，称为 RE (Resource Element)。LTE 空中接口资源分配的基本单位是物理资源块 (Physical Resource Block, PRB)。

2. OFDM 系统作为多子载波系统，可以通过_____调度，为用户分配信道质量较好的频率资源，从而获得频率分集增益。

答案：频率选择性

解析：正交频分复用 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 是一种多载波调制方式，采用多用户频率选择性资源调度可以让每个频率子带下传输用户的信噪比最大，从而增大系统容量。

3. LTE 中 OFDM 技术在时域上能够抵抗_____，在频域上能够抵抗_____。

答案：多径衰落、频率选择性衰落

解析：在时域上可以抗多径衰落：OFDM 将宽带传输转化为很多个窄带子载波并行传输，每个子载波可以认为是平坦衰落的信道，接收器实现比较简单，从而大大减小多径衰落带来的影响。

在频域上可以抗频率选择性衰落：OFDM 同时有很多不同频率的子载波可以调制信号，可给用户选些信道好的子载波用。

4. 在 OFDM 符号前端插入_____，可以有效地消除多径时延扩展带来的符号间干扰。

答案：循环前缀（CP）

解析：在 OFDM 符号发送前，在码元间插入循环前缀，当保护间隔足够大的时候，多径时延造成的影响不会延伸到下一个符号周期内，从而消除了符号间干扰和多载波间干扰。

5. 在 SC-FDMA 中首先通过_____将信号由时域转化为频域，在进行_____后转回到时域，使得发送信号具有类似单载波的特性。

答案：离散傅里叶变换、IFFT（逆 FFT）变换

解析：在 SC-FDMA 中，首先通过离散傅里叶变换（FFT）将信号由时域转为频域，在进行逆 IFFT 变换后转回到时域。

6. _____ 指信号峰值功率与平均功率的比值。

答案：PAPR

解析：峰均比 PAPR 指信号峰值功率与平均功率的比值。



判断题

1. OFDM 技术具有峰均比高、带宽扩展性强和抗多径衰落等优点。 ()

答案：×

解析：OFDM 技术的峰均比高是缺点，不是优点。OFDM 的峰均比比 CDMA 高很多，会影响射频功率放大器的效率，增加硬件成本。

2. OFDM 的主要缺点包括易造成自干扰，容量往往受限于上行，频谱利用效率不高。 ()

答案：×

解析：OFDM 的主要缺点是峰均比高，多普勒频移大，时间和频率同步要求严格，小区间干扰控制难度大。OFDM 不易造成自干扰，小区内的干扰控制较好，频谱利用率较以往制式提高了很多。

3. 由于时间偏移误差会导致 OFDM 子载波的相位偏移，而频率偏移误差则会导致子载波间失去正交性，引起子载波间的干扰，影响接收性能，所以 OFDM 系统对时间和频率的同步误差比较敏感。 ()

答案：√

解析：OFDM 对同步误差较敏感，时间偏移误差会导致 OFDM 子载波的相位偏移，而频率偏移误差则会导致子载波间失去正交性，引起子载波间的干扰，从而影响接收性能。

4. CP 的作用主要是对抗多径干扰。 ()

答案：√

解析：由于多径时延的问题，导致 OFDM 符号到达接收端可能带来符号间干扰 (ISI)。CP (Cyclic Prefix, 循环前缀) 增加了冗余符号信息，更有利于克服多径带来的干扰。

5. 比起 CDMA，OFDM 更适合宽带传输。 ()

答案：√

解析：OFDM 是真正适用于宽带传输的技术。OFDM 并行传输的主要优势是使传输码元的持续时间大为增加，从而提高了信号的抗多径传输能力。CDMA 技术不适合宽带传输。



单选题

1. () 不是 OFDM 系统的优点。

- A. 较好的抵抗多径干扰
C. 灵活的频域资源分配

- B. 较低的频域均衡处理复杂度
D. 较低的峰均比

答案: D

解析: OFDM 技术有峰均比高的缺点, 峰均比比 CDMA 高很多, 会影响射频功率放大器的效率, 从而增加硬件成本。

2. 常规 CP 情况下, 一个 RB 包含 () 个 RE。

A. 72

B. 96

C. 60

D. 84

答案: D

解析: 1 个物理资源块 PRB 在频域上包括 12 个连续的子载波, 在时域上包括 7 个连续的常规 OFDM 符号周期。因此, 一个 RB 包含的 RE 数目为 $12 \times 7 = 84$ 。



多选题

OFDM 技术相比于 CDMA 技术具有的优势有 ()。

A. 峰均比高

B. 频谱效率高

C. 带宽扩展性强

D. 抗多径衰落

E. 资源分配颗粒度更小

F. 对同步误差较敏感

答案: BCDE

解析: 峰均比高、对同步误差较敏感是劣势不是优势。OFDM 相比于 CDMA 技术的优势有: 频谱效率高、带宽扩展性强、抗多径衰落、资源分配颗粒度更小等。



简答题

1. 在 LTE 系统中引进了 OFDM 新技术, 请简述 OFDM 与传统 CDMA 对比的优缺点。

答案: 参见正文论述。

2. LTE 中, 为什么上行用 SC-FDMA?

解答:

为了克服 OFDM 峰均比过高的缺陷, 上行采用 SC-FDMA 能够减小峰均比, 对 UE 上行发射机的要求降低, 降低 UE 功耗, 延长终端续航能力。

3. 简述 LTE 中 CP 的作用。

解答:

CP 是循环前缀, 将每个 OFDM 符号尾部时间中的样点复制到 OFDM 符号的前面, 形成循环前缀。

CP 作为保护间隔, 主要是为了克服多径时延和传播时延, 减小符号间干扰和载波间干扰。CP 越大, 传播时延容忍度越大, 所允许的传播时延越大, 覆盖越大。

4. 简述常规 CP 与扩展 CP 的区别。

解答:

下行 OFDM 的 CP 长度有长、短两种选择, 分别为 $4.69\mu\text{s}$ 和 $16.67\mu\text{s}$ 。短 CP 为基本

选项, 长 CP 可用于大范围小区或多小区广播。

短 CP 情况下, 一个子帧包含 7 个 (采用 0.675ms 子帧时为 9 个) OFDM 符号;

长 CP 情况下, 一个子帧包含 6 个 (采用 0.675ms 子帧时为 8 个) OFDM 符号。

由于上行采用单载波技术, 子帧结构和下行不同。DFT-S-OFDM 的一个子帧包含 6 个 (采用 0.675ms 子帧时为 8 个) “长块” 和 2 个 “短块”; 长块主要用于传送数据, 短块主要用于传送导频信号。

常规 CP 和扩展 CP 分别对应正常覆盖小区和大覆盖小区。因为小区越大, 多径越厉害, 所需要的 CP 长度就越长。

常规 CP 可以抵抗 $4.76\mu\text{s}$, 即 1.4km 的多径, 扩展 CP 可以抵抗 $16.67\mu\text{s}$, 即 5km 的多径。

5. LTE 中, 每个 Symbol 的时间长度为多少? 这个时间在空中传播多远?

解答:

每个 Symbol 的长度为 $2048T_s = 2048 / (15000 \times N_{\text{fft}}) = 1/15000$, 约等于 $66.67\mu\text{s}$ 。 $N_{\text{fft}} = 2048$ 。

这段时间, 电波以光速在空中传播了约 $66.67\mu\text{s}$ 。

$$3 \times 10^8 \text{m/s} \times 66.67 \times 10^{-6} \text{s} = 20000 \text{m}。$$

6. LTE 中, RB 和 RE 的关系及计算方法是什么?

解答:

RE: 最小资源单位。一个常规 OFDM 符号周期和一个子载波组成的资源称为一个资源单位 (Resource Element, RE)。

RB: 物理层数据传输资源调度和分配的最小单位。一个物理资源块 (PRB) 在频域上包括 12 个连续的子载波, 在时域上包括 7 个连续的常规 OFDM 符号周期, 或者包括 6 个扩展 CP 模式下的 OFDM 符号周期。

简单来说, 一个 RB, 时域上一个时隙, 频域上 12 个连续的子载波。一个 RE, 时域上一个 OFDM 符号, 频域上一个子载波。

在常规 CP 模式下, 一个 RB 包含的 RE 数目为 $12 \times 7 = 84$ (常规 CP), 即一个 RB 包含 84 个 RE。

在扩展 CP 模式下, 一个 RB 包含的 RE 数目为 $12 \times 6 = 72$ (扩展 CP), 即一个 RB 包含 72 个 RE。

1.3.3 调制技术

考点介绍

控制信道和数据信道调制方式的确定。

AMC 原理。

上/下行 AMC 过程。

影响 AMC 性能的因素。

控制信道的调制方式是固定的。数据信道采用何种调制方式是根据反馈的无线信道质量来确定的, 与 UE 端反馈的 CQI 有关。

LTE 数据信道可采用 QPSK、16QAM、64QAM, 控制信道可采用 BPSK、QPSK。

AMC (Adaptive Modulation and Coding, 自适应调制与编码) 是指根据无线环境和数据本身的要求来自动选择调制和编码方式。UE 测量信道质量, 并报告给 eNodeB, 同时 eNodeB 基于 CQI 来选择调制方式、数据块的大小和数据速率。

1) 下行控制过程

终端通过对下行参考信号的检测来对下行信道质量进行测量; 终端将测量的信道质量信息通过反馈信道反馈到基站侧; 基站侧则根据反馈的信道质量信息进行相应下行传输格式的 MCS 调整。

2) 上行控制过程

基站侧通过对终端发出的上行参考信号的检测来对上行信道质量进行测量, 基站根据所测的信道质量信息, 进行上行传输数据的 MCS 调整, 并使用控制信令通知 UE。

3) 影响 AMC 性能的因素

- (1) 调制编码方案 (MCS) 的粒度;
- (2) 信道质量信息的准确性与实时性。



填空题

AMC 根据_____和_____的要求来自动选择调制和编码方式。

答案: 无线环境、数据本身

解析: 自适应编码是指根据无线环境和数据本身的要求, 来自动选择调制和编码方式。



单选题

LTE 控制信道采用 BPSK 和 () 调制方式。

- A. 16QAM B. 64QAM C. 32QAM D. QPSK

答案: D

解析: LTE 控制信道的调制方式是固定的, 采用 BPSK、QPSK。



多选题

1. LTE 系统可以支持的调制方式包括 ()。

- A. QPSK B. 16QAM C. 64QAM D. GMSK

答案: ABC

解析: GMSK 是 GSM 使用的一种特殊数字调频方式, 是一种频移键控 (FSK) 的调制方式。QPSK、16QAM、64QAM 是 LTE 支持的调制方式。

2. 调制的用途包括 ()。

- A. 把需要传递的信息送到射频信道 B. 提高空中接口的数据业务传送能力
C. 把需要传递的信息送到下行信道 D. 把需要传递的信息转变为数字信号

答案: AB

解析: 上/下行信道都有调制解调的过程。调制的作用是将原始信号转变成适合传送的电波信号, 并提高空中接口的数据传送效率。

1.3.4 MIMO

考点介绍

MIMO 的原理。

MIMO 的传输模式。

MIMO 的优点。

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, 多输入多输出) 技术能充分利用空间资源, 使信号通过发射端与接收端的多个天线进行传送和接收, 在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下, 改善通信质量, 成倍地提高系统信道容量, 提高通信效率。MIMO 系统可以根据不同的系统条件、变化的无线环境, 采用各种不同的工作模式。

协议中有定义的常用 MIMO 工作模式。

(1) TM1: 单天线工作模式, 相当于传统无线制式的天线工作模式。

(2) TM2: 开环发射分集, 在多个天线上形成彼此正交的空间信道, 发送相同的数据流, 提高传输的可靠性。

(3) TM3: 开环空间复用, 一个天线正常发射, 其他天线上引入相位偏移环节, 并行地发射不同的数据流。

(4) TM4: 闭环空间复用, 发射端在并行发射多个数据流的时候, 可根据反馈的信道估计结果调整发送方式。

(5) TM5: MU-MIMO, 并行传输的多个数据流是由多个 UE 组合实现的, 多用户实现空间复用。

(6) TM6: Rank=1 的闭环发射分集, 只传输一个数据流, 是闭环空间复用的一个特例。

(7) TM7: 波束赋形 (Beamforming), 多个天线协同工作时, 根据基站和 UE 的信道条件, 实时计算不同的相位偏移方案, 利用天线之间的相位干涉叠加原理, 形成指向特定 UE 的波束。

(8) TM8: 双流波束赋形, 多个天线形成指向特定 UE 的两个波束, 同时传送两个数据流。

MIMO 技术具有以下优点:

- (1) 降低符号间干扰 (ISI)。
- (2) 提高空间分集增益。
- (3) 提高无线信道容量和频谱利用率。
- (4) 大幅提高传输速率。
- (5) 提高信道的可靠性, 降低误块率。



填空题

1. R9 版本中, 提出一种新的 MIMO 技术, 叫_____。

答案: 双流波束赋形

解析：R9 版本中提出的 MIMO 技术叫双流波束赋形。

2. 各种天线的传输模式中，_____适用于小区边缘。

答案：多天线发射分集 TM2

解析：多天线发射分集 TM2 可提高数据传输的可靠性，适用于小区边缘。

3. 对于 MIMO 配置的自适应，终端需要给 eNodeB 反馈的是_____、_____。

答案：RI、PMI

解析：对于 MIMO 配置的自适应，终端需要反馈的是 RI (Rank Indicator, 秩大小)、PMI (Precoding Matrix Indicator, 预编码反馈)。

4. PDSCH 信道的 TM3 模式在信道质量好的时候为_____，在信道质量差的时候回落到_____。

答案：空间复用，发送分集

解析：PDSCH 信道的 TM3 模式在信道质量好的时候为空间复用，在信道质量差的时候回落到发送分集。



判断题

1. MIMO 使信号通过发射端与接收端的多个天线传送和接收，从而改善通信质量，提高信道容量。 ()

答案：√

解析：MIMO 技术是指在发射端和接收端分别使用多个发射天线和接收天线，使信号在多个天线上传送和接收，从而改善通信质量，成倍地提高系统的信道容量，提高通信效率。

2. 对于业务信道，8 天线相对于 2 天线有 3~4dB 的增益（若考虑干扰余量则增益更大）。 ()

答案：√

解析：8 天线相对于 2 天线的增益可以用 $10\lg(8/2) = 6\text{dB}$ 来估算。在实际应用中，由于天线合并算法的问题，业务信道有 3~4dB 的增益。

3. LTE 下行传输模式中 TM2 为发送分集模式，适合于小区边缘信道情况比较复杂、干扰较大的情况。 ()

答案：√

解析：TM2 为发送分集模式。在小区边缘，覆盖较弱，干扰较大，宜采用发送分集的模式，以提高信息发送的可靠性。

4. LTE 下行传输模式中 TM7 是 Port5 的单流 Beamforming 模式，在小区边缘，能够有效对抗干扰。 ()

答案：√

解析：TM7 是 Port5 的单流波束赋形模式。在小区边缘，波束赋形可以有效对抗干扰。

5. 波束赋形形成指向目标接收机的波束，可以提升小区边缘的下行吞吐率，提高波束指向上的功率，并抑制其他位置上的干扰，可以适用于高速移动环境。 ()

答案：×

解析：波束赋形矢量，在高速运行情况下，由于信道估计不准确，性能下降幅度较

大，故不适用于高速场景。

6. MIMO 技术的关键是有效避免天线之间的干扰，可以同时发送多个并行数据流。
()

答案：√

解析：MIMO 能充分利用空间资源，通过多个天线实现多发多收，在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下，可以发送多个并行数据流，成倍提高系统的信道容量，有效避免天线之间的干扰。



多选题

1. MIMO 系统增益中，() 是利用空间信道衰落的相对独立性获得的。

- A. 阵列增益 B. 分集增益 C. 空间复用增益 D. 干扰抑制增益

答案：BC

解析：在多天线系统中，发射分集和接收分集可以提供一定的分集增益，常常用来对抗多径衰落。在发射端将数据流分成多个子数据流从不同的天线发射出去，从而提高传输速率，同时并不需要增加传输的功率和带宽，称为空间复用增益。无论是分集还是复用，都需要确保空间信道衰落的相对独立性。

2. 在 LTE 中，应用 MIMO 带来的优点为 ()。

- A. 增加了码间干扰
B. 提高了空间分集增益
C. 提高了无线信道容量和频谱利用率
D. 大幅提高了数据的传输速率
E. 提高了信道的可靠性，降低误码率

答案：BCDE

解析：码间干扰不是优点，也和 MIMO 没关系。MIMO 是指在发射端和接收端分别使用多个发射天线和接收天线，其优点包括：提高了空间分集增益；提高了无线信道容量和频谱利用率；大幅提高了数据的传输速率；提高了信道的可靠性，降低了误码率等。



简答题

1. 在 LTE 中，使用 MIMO 技术的优点有哪些？

解答：

MIMO 能充分利用空间资源，通过多个天线实现多发多收，在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下，可以成倍提高系统的信道容量。

具体地说，MIMO 具有以下优点：

- (1) 降低了码间干扰；
- (2) 提高了空间分集增益；
- (3) 提高了无线信道容量和频谱利用率；
- (4) 大幅提高了数据的传输速率；
- (5) 提高了信道的可靠性，降低了误码率。

2. 简述 MIMO 的 3 种多天线技术及其带来的增益。

解答：

MIMO 技术主要利用传输分集、空间复用和波束赋形 3 种多天线技术来提升无线传输速率及品质。

(1) 传输分集：SFBC 具有一定的分集增益，FSTD 带来频率选择增益，这有助于降低其所需的解调门限，从而提高性能。

(2) 空间复用包括以下方面。

① 开环空间复用：对信噪比要求较高，会使其要求的解调门限升高，降低覆盖性能。

② 闭环空间复用：对信道估计要求较高，且对时延敏感，这导致其解调门限要求较高，覆盖性能反而下降。

③ MU-MIMO：多用户 MIMO，有助于提高系统的吞吐量。

(3) 波束赋形包括以下方面。

① Rank=1 的闭环预编码：解调性能应比 TM4 在多层、多码字传输时要好，相对于 TM1 的覆盖性能应该会有所下降。

② 单天线端口：该模式应该具有较好的覆盖性能。

③ MIMO 技术还可以带来复用增益、分集增益、阵列增益、干扰抵消增益。

3. 简述单用户 MIMO 和多用户 MIMO 的区别。

解答：

(1) 单用户 MIMO：占用相同时频资源的多个并行数据流，发给同一个用户或从同一个用户发给基站。

(2) 多用户 MIMO：占用相同时频资源的多个并行数据流，发给不同用户或从不同用户采用相同时频资源发送数据给基站。

4. LTE 的 MIMO 技术，其单流和双流的区别是什么？分别有哪些天线传输模式？

解答：

(1) 单流：发射端利用上行信号来估计下行信道的特征，在下行信号发送时，每根天线上乘以相应的权值，使其天线阵列发射信号具有波束赋形效果。

单流的天线传输模式：TM2、TM7 传输模式；Rank=1。

(2) 双流：结合复用和智能天线技术，进行多路波束赋形发送，既可以提高用户的信号强度，也可以提高用户的峰值和均值速率。

双流的天线传输模式：TM3（单/双流都支持）、TM8 传输模式；Rank=2。

特征：速率可以大于等于 120Mbps。

5. 简述 MIMO 技术中 Rank1 和 Rank2 的关系。

解答：

Rank1 为单流波束赋形，未使用多天线 MIMO 技术，8 个阵元都发射同样的数据形成 1 个波束。

Rank2 是双流波束赋形，使用 MIMO 技术，天线分成两组阵元，分别发射两组数据，形成两个波束，达到逻辑上的 2×2 MIMO。

6. TM3 是否可能会是单流？什么情况下会是双流？

解答：

可以是单流。TM3 既支持单流，也支持双流。信道条件好的情况下，就是双流。

7. 简述现网中天线传输模式的使用情况。

解答：

固定 TM3，部分站点使用全自适应模式（在 TM2、TM3、TM7 或 TM2、TM3、TM8 间切换）。

1.4 LTE-A 的关键技术

考点介绍

LTE-A 的关键技术。

LTE-Advanced（LTE-A）是 LTE 的演进版本，它在满足 IMT-Advanced 的需求的同时，保持了对 LTE 较好的后向兼容性。

LTE-A 采用了载波聚合（Carrier Aggregation, CA）、上/下行多天线增强（Enhanced UL/DL MIMO）、多点协作传输（Coordinated Multi-Point Tx&Rx, CoMP）、中继（Relay）等关键技术，能大大提高无线通信系统的峰值数据速率、峰值频谱效率、小区平均频谱效率及小区边缘用户性能，同时能提高整个网络的组网效率。



多选题

LTE-Advanced 新增的关键技术主要包含哪些？（ ）

- A. CA
- B. Enhanced UL/DL MIMO
- C. Coordinated Multi-Point Tx&Rx
- D. Relay
- E. OFDM

答案：ABCD

解析：LTE-Advanced（LTE-A）是 LTE 的演进版本，采用了载波聚合（Carrier Aggregation）、上/下行多天线增强（Enhanced UL/DL MIMO）、多点协作传输（Coordinated Multi-Point Tx&Rx）、中继（Relay）、异构网干扰协调增强（Enhanced Inter-cell Interference Coordination for Heterogeneous Network）等关键技术。OFDM 属于 LTE 的关键技术，不是 LTE-A 新增的技术。

1.4.1 载波聚合（CA）

考点介绍

CA 最大传输带宽、峰值速率。

CA 实现的原理。

从理论上讲，使用最高 100MHz 的带宽，即 5 个 20MHz 载波可以使单用户在低移动

性下峰值速率达到或者超过 1Gbps。问题的关键是，用传统的方法进行资源调度难以找到连续 100MHz 的带宽作为一个载波，即使找到了，实现起来也相当复杂，还存在后向兼容性的问题。

载波聚合 (Carrier Aggregation, CA) 是 3GPP 在 R10 协议中引入 LTE-Advanced (LTE-A) 标准中的一个关键特性。

载波聚合技术可以通过将 2~5 个同频带和不同频段的“子”载波——成员载波 (Component Carrier, CC) 聚合起来进行资源调度，实现最大 100MHz 的传输带宽，有效提高了上/下行传输速率，从而提升单用户峰值速率和系统整体容量，如图 1-4 所示。

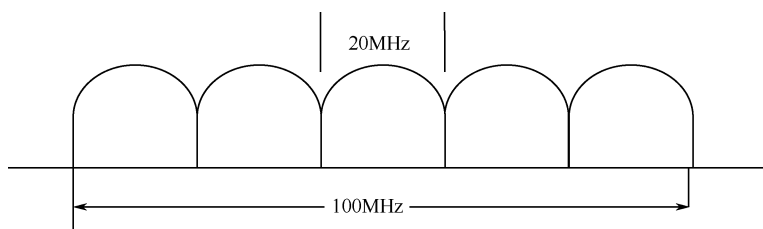


图 1-4 载波聚合

CA 功能可以支持连续或非连续载波聚合，每个载波最大可以使用的资源是 110 个 RB。每个用户在每个载波上使用独立的 HARQ 实体，每个传输块只能映射到特定的一个载波上。每个载波上的 PDCCH 信道相互独立，可以重用 3GPP R8 版本的设计，使用每个载波的 PDCCH 为每个载波的 PDSCH 和 PUSCH 信道分配资源。



判断题

为了满足单用户峰值速率和系统容量提升的要求，CA 技术只支持连续载波聚合。
()

答案：×

解析：CA 功能可以支持连续或非连续载波聚合。



单选题

1. LTE 载波聚合中，需要载波激活和载波去激活操作，这些操作是通过哪类信令完成的？()

- A. PHY 层信令 B. PDCP 层信令 C. MAC 层信令 D. RRC 层信令

答案：C

解析：载波激活和载波去激活操作属于 MAC 层信令。

2. LTE 的 CA 技术最大可实现 () MHz 带宽的数据传输。

- A. 20MHz B. 100MHz C. 300MHz D. 1GHz

答案：B

解析：载波聚合技术可以通过将 2~5 个同频带和不同频段的“子”载波聚合起来进行资源调度，实现最大 100MHz 的传输带宽。

1.4.2 上/下行多天线增强 (Enhanced UL/DL MIMO)

考点介绍

LTE-A 多天线增强技术的特点。

3D MIMO 和 Massive MIMO 技术的特点。

LTE-A 阶段, 增强的多天线最大可以支撑到 8 进 8 出 (8×8 MIMO)。最高下行速率可以达到 1Gbps。由于 8 进 8 出 (8×8 MIMO) 计算复杂度高, 对芯片的要求较高, 建设成本较大, 所以达到大规模应用还需要一段时间。

3D MIMO 作为 4.5G 的核心技术之一, 打破了传统天线只能提供水平维度的 MIMO, 通过引入二维天线阵列, 可同时实现水平和垂直方向上的 MIMO, 从而进一步提升 MIMO 可利用的空间维度。

与传统 MIMO 不同的是, 3D MIMO 中所采用的天线规模发生了巨大变化。天线数目大幅增加, 各 UE 的信道趋向于正交, 用户间的干扰趋于消失, 由此带来的天线阵列增益将有效地提升每个用户的信噪比。

3D MIMO 可在相同时频资源上支持更多用户的传输, 提升小区的平均频谱效率。3D MIMO 通过引入新天线和新技术, 在满足灵活组网需求的同时有效地提升系统容量。

Massive MIMO 就是在基站端安装几百根天线 (128 根, 256 根或者更多), 从而实现几百根天线同时对多个用户发数据, 最大下行速率可以高达 10Gb/s 以上。大规模天线被公认为是 5G 关键技术之一。



单选题

1. LTE-A 阶段, 增强的多天线最大可以支撑到 ()。

- A. 4×4 MIMO B. 8×8 MIMO C. 16×16MIMO D. Massive MIMO

答案: B

解析: LTE-A 阶段, 增强的多天线最大可以支撑到 8 进 8 出 (8×8 MIMO)。

2. () 通过引入二维天线阵列, 可同时实现水平和垂直方向上的 MIMO, 从而进一步提升 MIMO 可利用的空间维度。

- A. 4×4 MIMO B. 8×8 MIMO C. 3D MIMO D. 4×2 MIMO

答案: C

解析: 3D MIMO 作为 4.5G 的核心技术之一, 打破了传统天线只能提供水平维度的 MIMO, 通过引入二维天线阵列, 可同时实现水平和垂直方向上的 MIMO。

1.4.3 CoMP

考点介绍

CoMP 的技术特点。

CoMP 的两种实现方式。

多点协作传输（Coordinated Multiple Points Transmission/Reception, CoMP）是指地理位置上分离的多个传输点，协同参与为一个终端进行数据传输，或联合接收一个终端发送的数据。

依据参与 CoMP 处理的小区是否归属于一个 eNodeB 来区分，CoMP 可以有 Intra-eNodeB 和 Inter-eNodeB 两种方式。前者只需要本基站内部各小区间交互信息处理相关的业务数据和控制信息，较易于实现；而后者则需要在基站间交互相关信息，对 X2 接口带宽有很高要求，时延也比前者更大。



判断题

根据处理小区是否归属于一个 eNodeB，CoMP 可分为 Intra-eNodeB 和 Inter-eNodeB 两种方式。（ ）

答案：√

解析：CoMP 有 Intra-eNodeB 和 Inter-eNodeB 两种方式，这是依据 CoMP 处理的小区是否归属于一个 eNodeB 来区分的。Intra-eNodeB 只需要在本基站内部各小区间交互业务数据和控制信息，较易于实现；而 Inter-eNodeB 则需要在基站间交互这些信息，对 X2 接口带宽有很高要求，时延也比前者更大。



单选题

地理位置上分离的多个传输点，协同参与为一个终端进行数据传输的技术是（ ）。

A. MIMO

B. OFDM

C. Relay

D. CoMP

答案：D

解析：LTE-A 阶段，多点协作传输（Coordinated Multiple Points Transmission/Reception, CoMP）是指地理位置上分离的多个传输点，协同参与为一个终端进行数据传输或联合接收一个终端发送的数据。

1.4.4 Relay

考 点 介 绍

Relay 的技术特点。

Relay 的作用。

Relay 作为 LTE-Advanced 系统中重要的关键技术，可以扩大覆盖范围、消除覆盖盲点和提升系统容量。

在基站和用户之间增加一个中继节点（RN），从而缩短了两者之间的传输距离，有效地改善了信道质量，降低了终端的功耗。未来 Relay 的成本仅为传统宏基站的 1/10，将其与其他无线关键技术结合，可以极大地提升系统性能。



填空题

1. Relay 作为 LTE-Advanced 系统中重要的关键技术,其主要作用为扩大覆盖范围、_____和_____。

答案: 消除覆盖盲点、提升系统容量

解析: Relay 作为 LTE-Advanced 系统中重要的关键技术,可以扩大覆盖范围、消除覆盖盲点和提升系统容量。

2. Relay 是在_____版本引进的新设备,一般用在_____场景。

答案: R10、无有线回传

解析: Relay 是在 R10 版本引进的新设备,一般用在无有线回传场景。



判断题

LTE-Advanced 系统中 Relay 技术和传统技术一样,只能扩大覆盖范围和消除覆盖盲点。()

答案: ×

解析: Relay 作为 LTE-Advanced 系统中重要的关键技术,可以扩大覆盖范围、消除覆盖盲点和提升系统容量。

1.5 无线帧结构

考 点 介 绍

LTE 的两种无线帧结构。

FDD-LTE 的无线帧结构。

TDD-LTE 的无线帧结构、特殊子帧结构。

在空中接口上, LTE 系统定义了无线帧来进行信号传输。LTE 支持两种帧结构 FDD 和 TDD, 1 个无线帧的长度为 10ms。

1.5.1 FDD-LTE 无线帧结构

每个 10ms 无线帧分为 20 个时隙, 10 个子帧。每个子帧 1ms, 包含两个时隙, 每个时隙 0.5ms, 如图 1-5 所示。上/下行传输在不同的频率上同时进行。

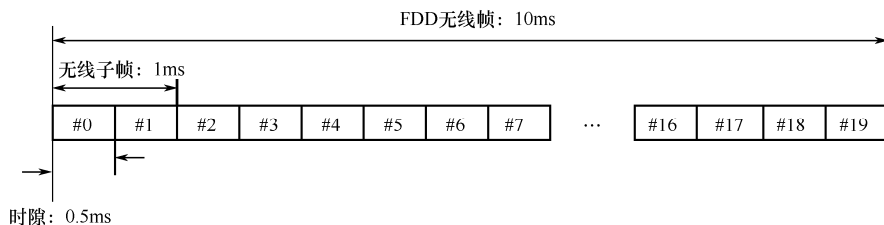


图 1-5 FDD 无线帧结构

1.5.2 TDD-LTE 无线帧结构

一个长度为 10ms 的无线帧由 2 个长度为 5ms 的半帧构成，每个半帧由 4 个数据子帧和 1 个特殊子帧组成，如图 1-6 所示。

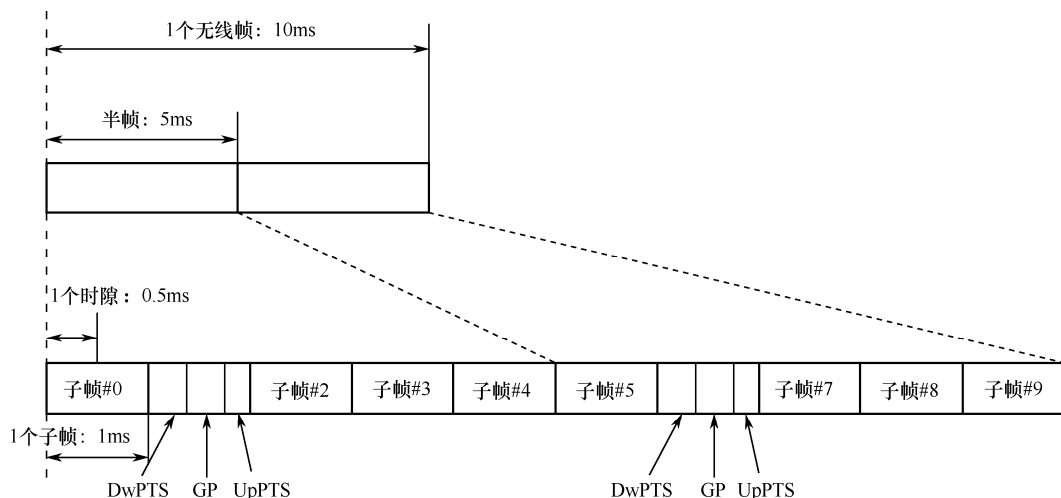


图 1-6 TDD-LTE 无线帧结构

特殊子帧包含 3 个特殊时隙，分别是 DwPTS、GP、UpPTS，总长度为 1ms，其中 DwPTS 和 UpPTS 这两个时隙长度可以配置，DwPTS 的长度为 3~12 个 OFDM 符号，UpPTS 的长度为 1~2 个 OFDM 符号，相应的 GP 的长度为 1~10 个 OFDM 符号。

TDD 系统的时间资源在上/下行方向上进行分配。TDD 帧结构支持 7 种不同的上/下行时间比例分配（配置 0~6），可以根据系统业务量的特性进行配置，支持非对称业务。这 7 种配置中，包括 3 种 5ms 周期和 4 种 10ms 周期，如图 1-7 所示。

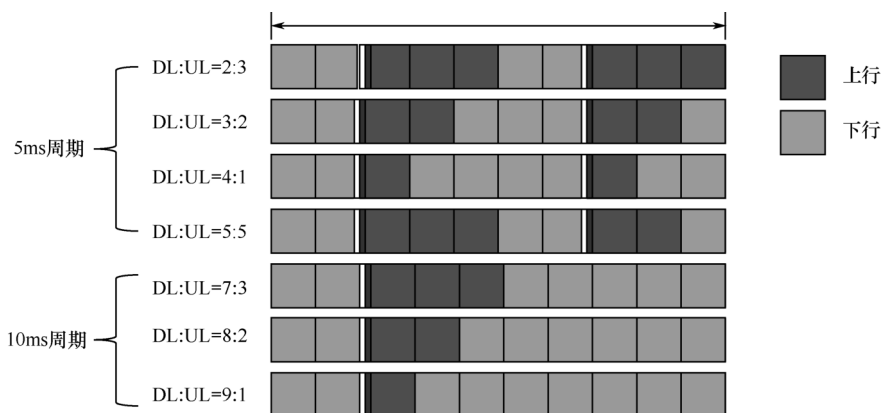


图 1-7 TDD 帧结构上/下行时隙配置



填空题

1. LTE 系统一个物理资源块在时域上包含_____个时隙。

答案：1

解析：一个物理资源块在时域上包含 1 个时隙。

2. LTE 组网中，如果采用室外 D 频段组网，一般使用的上/下行时隙配比为_____，特殊时隙配比为_____。

答案：2：2、10：2：2

解析：LTE 组网中，如果采用室外 D 频段组网，一般使用的上/下行时隙配比为 2：2，特殊时隙配比为 10：2：2。



单选题

1. TD-LTE 的时间资源在上/下行方向上进行分配，可以根据系统业务量的特性进行配置，这个系统支持（ ）种时隙配置。

A. 8

B. 5

C. 9

D. 7

答案：D

解析：作为 TDD 系统的一个特点，时间资源在上/下行方向上进行分配，TDD 帧结构支持 7 种不同的上/下行时间比例分配（配置 0~6），这 7 种配置中包括 3 种 5ms 周期和 4 种 10ms 周期。

2. 在 TD-LTE 特殊子帧中包含 3 个特殊时隙，分别是 DwPTS、GP、UpPTS，总长度为 1ms，其中 GP 的长度为（ ）个 OFDM。

A. 3~12

B. 1~10

C. 1~8

D. 1~2

答案：B

解析：DwPTS 和 UpPTS 的时隙长度可以配置，其中 DwPTS 的长度为 3~12 个 OFDM 符号，UpPTS 的长度为 1~2 个 OFDM 符号，相应地，GP 的长度为 1~10 个 OFDM 符号。



多选题

下面关于 TD-LTE 帧结构特点描述正确的有（ ）。

A. 无论是正常子帧还是特殊子帧，长度均为 1ms

B. 一个无线帧分为两个 5ms 的半帧，帧长为 10ms

C. 特殊子帧 DwPTS+GP+UpPTS=1ms

D. 转换周期为 5ms 或 10ms

答案：ABCD

解析：TD-LTE 的一个无线帧分为两个 5ms 的半帧，帧长为 10ms。子帧均为 1ms，转换周期为 5ms 或 10ms。



简答题

1. 简述 TDD-LTE 的无线帧结构。

解答：

TDD-LTE 无线帧：1 个无线帧（10ms）有两个半子帧（5ms），1 个半子帧有 4 个常规子帧（1ms）和 1 个特殊子帧（1ms）。

1 个常规子帧有 2 个时隙 (0.5ms)，特殊子帧是由 DwPTS、GP、UpPTS 3 个特殊时隙组成的。无论如何配置 3 个特殊时隙总是 1ms。

2. 在 TDD-LTE 中有几种上/下行时隙配比、几种特殊时隙配比？

解答：

有 7 种上/下行时隙配比，见表 1-2。

表 1-2 7 种上/下行时隙配比

上/下行配置	上/下行转换周期	上/下行配比 DL:UL	LTE 子帧号									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	1:3	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	2:2	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	4:1	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	7:3	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	8:2	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	9:1	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	3:5	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

9 种特殊时隙配比，见表 1-3。

表 1-3 9 种特殊时隙配比

特殊时隙长度配置序号	普通 CP (OFDM 符号数, 共 14 个)			扩展 CP (OFDM 符号数, 共 12 个)		
	DwPTS	GP	UpPTS	DwPTS	GP	UpPTS
0	3	10	1	3	8	1
1	9	4	1	8	3	1
2	10	3	1	9	2	1
3	11	2	1	10	1	1
4	12	1	1	3	7	2
5	3	9	2	8	2	2
6	9	3	2	9	1	2
7	10	2	2			
8	11	1	2			

3. 上/下行时隙配比为 2:2，特殊时隙配比为 10:2:2，每秒 RB 调度数是多少？

解答：

我们知道，每秒可以传输 100 个无线帧 (1000ms/10ms)。上/下行 RB 调度数计算的是一秒钟调度的 RB 次数。我们先计算出每个无线帧调度的 RB 次数。这个与上/下行子帧和时隙配比有关。

每个 10ms 的 LTE 无线帧有两个半帧，上/下行时隙配比为 2:2，说明每个半帧里有两个上行 UL 和两个下行 UL，用于传送数据。

上行 RB 调度次数的计算：一个 1ms 的上行 UL 子帧调度一次 RB，半帧里调度 2 次上行 RB，一个 10ms 的无线帧调度 4 次。

上行 RB 调度次数=2×2×100=400

下行 RB 调度次数的计算：当 DwPTS>9 时，这个 DwPTS 可以用于传输下行数据。

这里，特殊时隙配比为 10 : 2 : 2，可以作为调度一次 RB。

下行 RB 调度次数 = (2+1) × 2 × 100 = 600

1.6 LTE 信道结构和功能

1.6.1 信道介绍

考点介绍

上/下行逻辑信道。

上/下行传输信道。

上/下行物理信道及其功能。

1. 逻辑信道

(1) 上行逻辑信道 (3 个)

- ① CCCH (Common Control Channel, 公共控制信道)。
- ② DCCH (Dedicated Control Channel, 专有控制信道)。
- ③ DTCH (Dedicated Traffic Channel, 专有业务信道)。

(2) 下行逻辑信道 (5 个)

- ① BCCH (Broadcast Control Channel, 广播控制信道)。
- ② PCCH (Paging Control Channel, 寻呼控制信道)。
- ③ CCCH (Common Control Channel, 公共控制信道)。
- ④ DCCH (Dedicated Control Channel, 专有控制信道)。
- ⑤ DTCH (Dedicated Traffic Channel, 专有业务信道)。

2. 传输信道

(1) 上行传输信道 (2 个)

- ① RACH (Random Access Channel, 随机接入信道)。
- ② UL-SCH (Uplink Shared Channel, 上行共享信道)。

(2) 下行传输信道 (3 个)

- ① BCH (Broadcast Channel, 广播信道)。
- ② PCH (Paging Channel, 寻呼信道)。
- ③ DL-SCH (Downlink Shared Channel, 下行共享信道)。

3. 物理信道

(1) 上行物理信道 (3+2 种参考信号)

① PRACH (Physical Random Access Channel, 物理随机接入信道) 承载随机接入前导信息。

② PUCCH (Physical Uplink Control Channel, 物理上行控制信道) 承载 HARQ 的 ACK/NACK、调度请求、信道质量指示等信息。

③ PUSCH (Physical Uplink Shared Channel, 物理上行共享信道) 承载上行用户数据。

④ 上行参考信号。

DMRS (Demodulation Reference Signal, 解调制参考符号)。

SRS (Sounding Reference Signal, 探测参考符号)。

(2) 下行物理信道 (5 个信道+5 种参考信号+2 种同步信号)

① PBCH (Physical Broadcast Channel, 物理广播信道) 承载广播系统消息 (MIB 消息), 携带有系统宽度、天线数及系统帧号等参数。

② PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel, 物理控制格式指示信道) 用于说明 PDCCH 信道占用多少个 OFDM 符号。

③ PHICH (Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel, 物理 HARQ 指示信道) 用于反馈上行数据的 HARQ 确认值 (ACK/NACK)。

④ PDCCH (Physical Downlink Control Channel, 物理下行控制信道) 负责上/下行资源分配、调制、编码, 空间分集的控制信息, 上行的 TPC 控制、承载导呼和与用户数据相关的 HARQ 信息。

⑤ PDSCH (Physical Downlink Shared Channel, 物理下行共享信道) 主要用于传输业务数据 (使用 Turbo 编码), 也可以传输信令。

⑥ 下行参考信号。

CRS (Cell-Specific Reference Signal, 小区专有参考符号)。

UE-RS/DRS (UE-Specific Reference Signal / Dedicated Reference Signal, UE 专有参考信号)。

MBSFN RS (MBSFN Reference Signal, MBSFN 参考符号)。

PRS (Positioning Reference Signal, 定位参考符号)。

CSI-RS (Cell Status Indicator Reference Signal, 小区状态指示参考符号)。

⑦ 同步信号。

PSS (Primary Synchronization Signal, 主同步信道) 在上/下行中同时传播。

SSS (Second Synchronization Signal, 辅同步信道)。



填空题

1. LTE 下行物理信道包含 PBCH、PDSCH、____、____、____。

答案: PCFICH、PHICH、PDCCH

解析: 下行物理信道主要包含以下 5 个:

PBCH (Physical Broadcast Channel, 物理广播信道)。

PDSCH (Physical Downlink Shared Channel, 物理下行共享信道)。

PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel, 物理控制格式指示信道)。

PHICH (Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel, 物理 HARQ 指示信道)。

PDCCH (Physical Downlink Control Channel, 物理下行控制信道)。

2. LTE 上行物理信道包含 PUSCH、____、____。

答案: PRACH、PUCCH

解析: 上行方向有以下 3 个物理信道。

① 物理上行共享信道 (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH)。这是一个承载上行用户数据的共享信道。

② 物理随机接入信道 (Physical Random Access Channel, PRACH)。PRACH 承载 UE 想接入网络时的叩门信号——随机接入前导。

③ 物理上行控制信道 (Physical Uplink Control Channel, PUCCH)。PUCCH 负责调控的信道, 承载着 HARQ 的 ACK/NACK、调度请求 (Scheduling Request)、信道质量指示 (Channel Quality Indicator) 等信息。

3. 小区同步中的同步信号包括_____和_____。

答案: 主同步信号、辅同步信号

解析: 小区搜索过程中, 用到的下行同步信号包括:

PSS (Primary Synchronization Signal, 主同步信道)。

SSS (Second Synchronization Signal, 辅同步信道)。

4. 上行参考信号主要包括_____和_____。

答案: DMRS、SRS

解析:

上行参考信号包括:

(1) DMRS (Demodulation Reference Signal, 解调制参考符号)。真正用于上行信道的信道估计和解调, 只在分配给 UE 的带宽上发送。

(2) SRS (Sounding Reference Signal, 探测参考符号)。用于估计上行信道频域信息, 进行频率选择性调度; 用于估计上行信道, 做下行波束赋形, 可以在整个带宽上发送。

5. 物理信道_____负责承载上行数据的 ACK/NACK 信息。

答案: PHICH

解析: PHICH (物理 HARQ 指示信道) 用于反馈上行数据的 HARQ 确认值 (ACK/NACK)。

6. CRS 主要用于_____、_____和_____。

答案: 下行信道估计、非 beamforming 模式下的解调、调度上/下行资源用做切换测量

解析:

CRS 用于下行信道估计、非 beamforming 模式下的解调、调度上/下行资源用做切换测量。

7. DRS 主要用于_____。

答案: 下行业务信道波束赋形

解析: DRS 仅出现于波束赋形模式, 用于下行业务信道波束赋形时 UE 的解调。

8. 上行链路的 SRS 用于_____等, DM-RS 用于_____。

答案: 上行信道估计、下行信道估计及非波束赋形模式下的解调

解析:

SRS: 用于估计上行信道频域信息, 做频率选择性调度; 用于估计上行信道。

DM-RS: 用于上行控制和数据信道的相关解调; 用于下行信道估计及非 beamforming 模式下的解调。



判断题

1. 物理信道 PDCCH 负责上/下行资源分配、调制、编码, 空间分集的控制信息。()

答案: √

解析：PDCCH 负责上/下行资源分配、调制、编码，空间分集的控制信息。

2. 上行物理信道 PUCCH 为承载 HARQ 的 ACK/NACK、调度请求等，不承载信道质量指示。 ()

答案：×

解析：上行物理信道 PUCCH 承载 HARQ 的 ACK/NACK、调度请求，也承载信道质量指示 CQI 等信息。



单选题

1. RLC 层和 MAC 层之间的接口是 ()。

- A. 传输信道 B. 逻辑信道 C. 物理信道

答案：B

解析：RLC 层和 MAC 层之间的接口是逻辑信道。

2. LTE 系统带宽在哪个信道中承载？ ()

- A. PBCH B. PDCCH C. PDSCH D. PHICH

答案：A

解析：PBCH：广播系统消息（MIB 消息），携带有系统宽度、天线数及系统帧号等参数。

3. 下列哪些信号属于 LTE 上行参考信号？ ()

- A. SRS B. CRS C. CSI-RS D. PSS

答案：A

解析：LTE 上行参考信号主要包含以下两种。

(1) DRS (Demodulation Reference Signal, 解调制参考符号)。

(2) SRS (Sounding Reference Signal, 探测参考符号)。

4. 在 LTE 系统中，PCFICH 指示的信息是 ()。

- A. PDCCH 所占的符号数 B. PDSCH 所占的符号数
C. PUCCH 所占的符号数 D. PUSCH 所占的符号数

答案：A

解析：PCFICH 用于说明 PDCCH 信道占用多少个 OFDM 符号。



多选题

1. 下列选项中，上行参考信号的作用不包括 ()。

- A. 小区搜索 B. 上行信道质量测量
C. 上行信道质量估计 D. 切换

答案：AD

解析：上行参考信号的作用主要用于上行信道质量测量和上行信道质量估计。小区搜索主要是下行物理信道的事；切换时，和上行参考信号也没有关系。

2. 关于 PDCCH 的描述正确的是 ()。

- A. 频域：只占用上行的子载波
B. 时域：占用每个子帧的前 n 个 OFDM 符号， $n \leq 3$

- C. PDCCH 的信息映射到控制域里除了参考信号 PCFICH、PHICH 之外的 RE 中，因此需先获得 PCFICH 和 PHICH 的位置之后，才能确定其位置
- D. 发送上/下行资源调度信息、功控命令等，通过下行控制信息块 DCI 承载，不同用户使用不同的 DCI 资源

答案：BCD

解析：PDCCH 是个下行物理信道，不占用上行子载波，但它负责上/下行资源分配、调制编码，空间分集的控制信息，上行的 TPC 控制等。

3. 在 LTE 中，以下哪些信道属于上行逻辑信道？（ ）

A. BCCH B. DCCH C. DTCH D. CCCH

答案：BCD

解析：广播控制信道一定是下行方向的。DCCH、DTCH、CCCH 都是双向的，上/下行都有。DTCH 是专有业务信道，DCCH 是专有控制信道。CCCH 是公共控制信道。

4. 上行参考信号主要包括（ ）。

A. CRS B. DRS C. DMRS D. SRS

答案：BD

解析：上行参考信号包括用于上行信道估计、eNodeB 端的相干检测和解调的 DRS，以及用于上行信道质量测量，称为 SRS。在 R9 中，下行定义了 4 种参考信号，分别为小区专用参考信号（CRS）、用户专用参考信号（UERS，又称为 DMRS）、MBSFN 参考信号、位置参考信号（PRS）。

5. 以下哪些信道属于上行物理信道？（ ）

A. PRACH B. PUCCH C. PUSCH D. PCFICH E. PHICH

答案：ABC

解析：上行物理信道有 PRACH、PUCCH、PUSCH。PCFICH、PHICH 属于下行物理信道。



简答题

1. 简述 LTE 的物理信道及其功能。

答案：参见正文论述。

2. 简述 LTE 下行参考信号的特点。

解答：

- (1) RS 在本质上是终端已知的伪随机序列。
- (2) 对于每个天线端口，RS 的频域间隔为 6 个子载波。
- (3) 被参考信号占用的 RE，在其他天线端口的相同 RE 上必须留空。
- (4) LTE 的参考信号是离散分布的，而 CDMA/UMTS 的导频信号是连续的。
- (5) RS 的分布越密集，则信道估计越精确，但开销越大，从而影响系统容量。

3. LTE 物理信道的时间顺序安排是什么？

解答：

- (1) PCFICH 在每一个子帧的第一个 symbol 上发送。
- (2) PBCH 在子帧 0 第二个时隙的前 4 个 symbol 上发送。
- (3) 同步信号：PSS 在子帧 0 和 5 的最后一个符号 symbol 上发送，SSS 在子帧 0 和

5 的倒数第二个符号 symbol 上发送)。

(4) PDCCH 在每个子帧的 1~4 个 symbol 上发送。

(5) PHICH 在每个载波的第一个 symbol 上发送。

(6) PRACH 的位置由参数定义。

(7) PUCCH 和 PUSCH 的位置跨越整个数据块 (通常是 RB pair)。

1.6.2 信道映射关系

考 点 介 绍

逻辑信道、传输信道、物理信道之间的对应关系。

信道映射就是指逻辑信道、传输信道、物理信道之间的对应关系, 这种对应关系包括底层信道对高层信道的服务支撑关系及高层信道对底层信道的控制命令关系。

1. 上行信道映射关系

上行信道映射关系如图 1-8 所示。PUCCH 无须上层映射, 自力更生; PRACH 有传输信道的映射; PDUSCH 在传输信道上有 UL-SCH 的映射, 在逻辑信道上则有三个领导: DCCH、CCCH、DTCH。

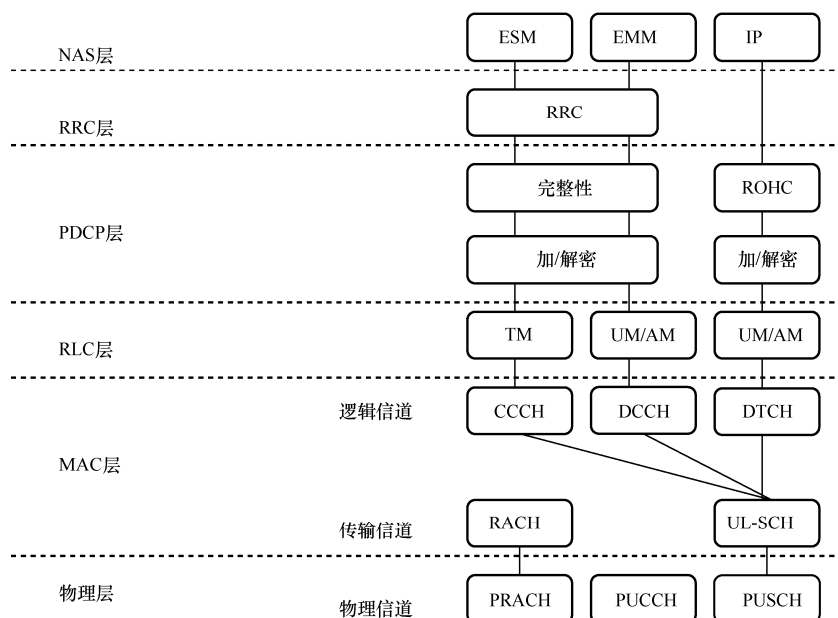


图 1-8 上行信道映射关系

随机接入消息:

PRACH 物理信道→RACH 传输信道。

共享业务控制消息:

PDUSCH 物理信道→UL-SCH 传输信道→DCCH (专用) 逻辑信道。

PDUSCH 物理信道→UL-SCH 传输信道→CCCH (公用) 逻辑信道。

PDUSCH 物理信道→UL-SCH 传输信道→DTCH (业务) 逻辑信道。

2. 下行信道映射关系

下行信道映射关系如图 1-9 所示。下行方向，传输信道 DL-SCH 的功能很强大，在逻辑信道上有多个领导，DCCH、CCCH、PCCH 的全部工作都交给它，BCCH 也有一部分工作交给它。

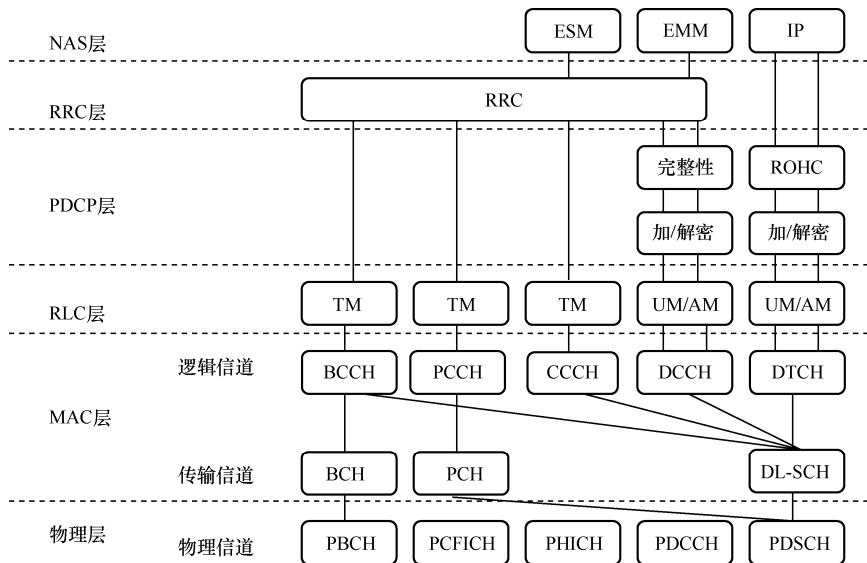


图 1-9 下行信道映射关系

从逻辑信道到物理信道的消息映射过程如下：

BCCH 逻辑信道→BCH 传输信道→PBCH 物理信道。

BCCH 逻辑信道→DL-SCH 传输信道→PDSCH 物理信道。

PCCH 逻辑信道→PCH 传输信道→PDSCH 物理信道。

DTCH 逻辑信道→DL-SCH 传输信道→PDSCH 物理信道。

DCCH（专用）逻辑信道→DL-SCH 传输信道→PDSCH 物理信道。

CCCH（公用）逻辑信道→DL-SCH 传输信道→PDSCH 物理信道。



单选题

逻辑信道 PCCH、CCCH、DCCH 对应的物理信道为（ ）。

A. PBCH

B. PDCCH

C. PHICH

D. PDSCH

答案：D

解析：逻辑信道 BCCH、CCCH、DCCH 都通过传输信道 DL-SCH 映射到物理信道 PDSCH 上；

逻辑信道 PCCH 通过传输信道 PCH 映射到物理信道 PDSCH 上。



多选题

下列哪些 LTE 物理信道无须传输信道的映射？（ ）

A. PBCH

B. PDCCH

C. PHICH

D. PDSCH

E. PCFICH

F. PUCCH

G. PRACH

答案: BCEF

解析: PBCH 映射的传输信道为 BCH, PDSCH 映射的传输信道为 DL-SCH, PRACH 映射的传输信道为 RACH。PDCCH、PHICH、PCFICH、PUCCH 均为无须高层映射的物理信道。



简答题

LTE 物理信道 PCFICH/PHICH/PDCCH、PDSCH、PBCH 都承载了哪些逻辑信道的信息?

解答:

物理信道 PCFICH/PHICH/PDCCH 没有传输信道和逻辑信道与之映射, 所以没有承载逻辑信道的信息。

PDSCH 承载传输信道 DL-SCH 的信息, 这个 DL-SCH 承载逻辑信道 DTCH、DCCH、CCCH、BCCH (MIB 之外的系统消息) 信息。PDSCH 还承载了传输信道 PCH、逻辑信道 PCCH 的信息。

PBCH 承载传输信道 BCH、逻辑信道 BCCH (MIB) 的信息。

1.6.3 基本配置策略

考点介绍

上/下行时隙配比、特殊子帧的配置。

上行信道、下行信道的配置。

信道带宽和资源块数目的对应。

LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的, 特殊子帧也是可以配置的。

LTE 的下行信道有 P-SCH、S-SCH、PBCH、RS、PCFICH、PHICH、PDCCH、PDSCH, 其中 PHICH、PDCCH、PDSCH 是可以配置的, 其他信道都是固定的。

上行信道 PRACH、PUCCH、PUSCH 都是可以配置的。

LTE 支持的信道带宽为 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz, 如表 1-4 所示。其中, 子载波间隔有两种: 15kHz [用于单播 (unicast)] 和 7.5kHz [用于多播 (MBSFN), 仅可以应用于独立载波的 MBSFN 传输]。

表 1-4 信道带宽和资源块数目对应表

信道带宽 (MHz)	1.4	3	5	10	15	20
RE 子载波数目	72	180	300	600	900	1 200
RB 个数	6	15	25	50	75	100



填空题

1. LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的, 特殊子帧也是可以配置的, 其中上行信道 PRACH、_____、_____都是可以配置的。

答案：PUCCH、PUSCH

解析：LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可以变的，特殊子帧也是可以配置的。我们知道 LTE 的下行信道有 P-SCH、S-SCH、PBCH、RS、PCFICH、PHICH、PDCCH、PDSCH，其中 PHICH、PDCCH、PDSCH 是可以配置的，其他信道都是固定的；而上行信道 PRACH、PUCCH、PUSCH 都是可以配置的。

2. PBCH 周期为_____，每_____重复发送一次，终端可以通过任意一次接收解调出 BCH。

答案：40ms、10ms

解析：在 PBCH 的 MIB 广播中只广播前 8 位，剩下的两位根据该帧在 PBCH 40ms 周期窗口的位置确定，第一个 10ms 帧为 00，第二帧为 01，第三帧为 10，第四帧为 11。手机可以通过盲检确定 PBCH 的 40ms 窗口。

3. LTE 支持多种信道带宽：1.4MHz、3.0MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz，其中两种子载波间隔为_____和_____。

答案：15kHz、7.5kHz

解析：LTE 支持信道带宽为 1.4MHz、3.0MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz，其中子载波间隔有两种：15kHz [用于单播 (unicast)] 和 7.5kHz [用于多播 (MBSFN)]。

4. 物理信道中，PDCCH 以_____为单位映射，PCFICH 以_____为单位映射，PHICH 以_____为单位映射，PDSCH 以_____为单位映射。

答案：CCE、REG、REG、RB

解析：

RE 是 LTE 最小的资源单位，时域上为 1 个符号，频域上为 1 个子载波；

RB 是业务信道的资源单位，时域上为 1 个时隙，频域上为 12 个子载波；

REG 是控制信道资源分配的资源单位，由 4 个 RE 组成；

CCE 是 PDCCH 资源分配的资源单位，由 9 个 REG 组成。

5. PCFICH 的映射位置由_____和_____决定。

答案：PCI、系统带宽

解析：PCFICH 的映射位置由 PCI 和系统带宽决定。

6. TD-LTE 系统中，PSS 时域上的映射位置在_____。

答案：DwPTS 的第 3 个 OFDM 符号

解析：TD-LTE 系统中，PSS 时域上的映射位置在 DwPTS 的第 3 个 OFDM 符号。

7. LTE 的业务信道均为_____信道，因此容量估算不能按照专用信道的业务容量估算方法（如等效爱尔兰、坎贝尔法）进行。

答案：共享

解析：LTE 的业务信道不是专用信道，而是共享信道，不能用基于专用信道的业务容量估算方法来做容量估算。

8. LTE TDD 系统下行 SINR 值由_____测量得到，上行 SINR 值由_____测量得到。

答案：Cell-Specific RS、SRS

解析：LTE TDD 下行 SINR 值由 Cell-Specific RS 测量得到，上行 SINR 值由 SRS 测量得到。

9.1 个 CCE 包含_____个 RE。

答案：36

解析：1 个 CCE 包含 36 个 RE。

10. LTE 系统在 20MHz 带宽中，使用的资源块个数为_____个 RB。

答案：100

解析：LTE 系统在 20MHz 带宽中，使用的资源块个数为 100 个 RB。



判断题

LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的，特殊子帧也是可以配置的，在下行信道中 PHICH、PDCCH、PDSCH 是可以配置的，其他信道都是固定的。（ ）

解答：√

解析：LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的，特殊子帧也是可以配置的。我们知道，LTE 的下行信道有 P-SCH、S-SCH、PBCH、RS、PCFICH、PHICH、PDCCH、PDSCH。其中，PHICH、PDCCH、PDSCH 是可以配置的，其他信道都是固定的；而上行信道 RACH、PUCCH、PUSCH 都是可以配置的。



单选题

1. 下列哪个承载带宽是 LTE 没有采用的带宽？（ ）

A. 1.6MHz

B. 3MHz

C. 5MHz

D. 15MHz

答案：A

解析：LTE 支持的信道带宽有 1.4MHz、3.0MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz，没有 1.6MHz。

2. LTE PDSCH 数据信道采用以下哪种信道编码？（ ）

A. CRC

B. RM 码

C. 卷积码

D. Turbo 码

答案：D

解析：PDSCH 主要用于传输业务数据，使用 Turbo 编码；当然也可以传输信令。



多选题

1. 以下哪些过程是 LTE 的物理层处理过程？（ ）

A. CRC 循环冗余校验

B. 信道编码

C. 加扰

D. 调制

答案：ABCD

解析：CRC 循环冗余校验、信道编码、加扰、调制均属于物理层处理过程。

2. LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的，特殊子帧也是可以配置的，其中下行信道中可以配置的是（ ）。

A. PHICH

B. PDCCH

C. PDSCH

D. P-SCH

E. S-SCH

答案：ABC

解析：LTE-TDD 的上/下行时隙配比是可变的，特殊子帧也是可以配置的。我们知道，LTE 的下行信道有 P-SCH、S-SCH、PBCH、RS、PCFICH、PHICH、PDCCH、PDSCH。其中，PHICH、PDCCH、PDSCH 是可以配置的，其他信道都是固定的。



简答题

1. LTE 系统支持几种带宽？请列举各个带宽及其对应的子载波和 RB 数量。

解答：

LTE 支持的信道带宽有 1.4MHz、3.0MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz；对应的子载波数目分别为 72、180、300、600、900、1 200；对应的 RB 数目分别为 6、15、25、50、75、100。

2. 简述 RE、RS 的关系。

解答：

RE：最小资源单位，时域为一个 OFDM 符号，频域占用一个子载波。

RS：参考信号，本质上是一种伪随机序列，通过时间和频率组成的资源单元 RE 发出去，便于接收端进行信道估计和信号解调。

下行参考信号：CRS，DRS。上行参考信号：SRS，DMRS。

1.7 资源管理

考点介绍

无线资源管理的对象。

无线资源管理的主要功能。

无线资源管理（Radio Resource Management，RRM）就是对移动通信系统空口资源的规划、管理和调度，目的是在有限的空口带宽资源下，为网络内的用户提供良好的体验保证，在话务量分布不均匀、无线传播环境变化较大、干扰起伏不定等情况下，灵活分配和调整空口资源，从而提高无线频谱利用率，防止网络阻塞，并保持尽可能小的信令负荷。

LTE 系统中，无线资源管理对象包括时间、频率、功率、多天线、小区、用户等资源，如表 1-5 所示。

表 1-5 LTE 无线资源管理对象

LTE RRM 对象		资源调度方式
资源	时间	1 个 10 ms 帧、10 个 1 ms 子帧 1 个 1 ms 子帧、2 个 0.5 ms 时隙 OFDM 符号长度度量时间
	频率	可灵活调度的子载波，子载波间隔 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 支持的系统带宽为 1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz
	多天线	MIMO 系统，8 种天线工作模式
	空间	小区
	功率	主要为了抑制干扰，调整天线发射功率的大小
	用户	选择合适的用户，分配恰当的资源
调度周期		1 ms

无线资源管理针对这些管理对象，其管理职能如下：

- (1) 无线承载控制 (Radio Bearer Control, RBC);
- (2) 无线准入控制 (Radio Admission Control, RAC);
- (3) 动态资源调度分配 (Dynamic Resource Allocation, DRA);
- (4) 小区间干扰协调 (Inter Cell Interference Coordination, ICIC);
- (5) 切换控制 (HandOver Control, HC);
- (6) 功率控制 (Power Control, PC);
- (7) 负载均衡 (Load Balance, LB)。



单选题

以下哪个功能不属于 RRM (无线资源管理功能)? ()

- A. 无线准入控制 B. 无线承载控制 C. 拥塞控制 D. 动态资源分配

答案: C

解析: RRM 的管理职能包括: 无线准入控制、无线承载控制、动态资源调度分配、小区间干扰协调、负载均衡、切换控制等。拥塞控制不属于无线资源管理。



多选题

无线资源管理的对象包括 () 等资源。

- A. 时间 B. 频率 C. 功率 D. 多天线 E. 小区 F. 用户

答案: ABCDEF

解析: LTE 系统中, 无线资源管理对象包括时间、频率、功率、多天线、小区、用户等资源。



简答题

1. 简述 LTE 无线资源管理的种类包括哪些?

解答:

- (1) 无线承载控制;
- (2) 无线准入控制;
- (3) 动态资源分配;
- (4) 小区间干扰协调;
- (5) 切换控制;
- (6) 功率控制。
- (7) 负载均衡;

1.7.1 无线承载 QoS 控制

考 点 介 绍

QoS 参数。

QCI 及其对应的 QoS 属性。

GBR 和 Non-GBR。

默认承载和专用承载的区别。

1. QoS 参数

每个无线承载的服务质量要求都对应着一组 QoS 参数，包括：

- (1) ARP (Allocation and Retention Priority, 分配保留优先级)；
- (2) QCI (QoS Class Identifier, QoS 等级指示)；
- (3) GBR (Guaranteed Bit Rate, 保证比特速率)；
- (4) MBR (Maximum Bit Rate, 最大比特速率)；
- (5) AMBR (Aggregated Maximum Bit Rate, 组合最大比特速率)。

分配保留优先级 (ARP) 主要用于在资源受限的条件下，系统按照该优先级所指定的先后顺序决定是否接受相应的承载建立请求，是否抢占已经存在承载的资源。

在承载建立之后，对承载服务质量有影响的是 QCI 值、GBR、MBR、AMBR 等 QoS 特性参数。在 S1 接口上只需传输 QCI 值，eNodeB 就知道其对应的 QoS 属性。

一个 QCI 值对应着一组 QoS 属性，这个属性包含优先级 (Priority, 值越小优先级越高)、包延迟 (Packet Delay Budget)、可接受的误包率 (Packet Loss Rate) 等指标。协议中定义了 9 种不同的 QCI 值，如表 1-6 所示。

表 1-6 QCI 值及其对应的 QoS 属性

QCI	QoS 保证类型	优 先 级	包 延 迟	误 包 率	业务类型示例
1	GBR	2	100 ms	10^{-2}	会话类语音业务
2		4	150 ms	10^{-3}	会话类视频 (实时流业务)
3		5	300 ms	10^{-6}	非会话类视频 (缓冲流业务)
4		3	50 ms	10^{-3}	实时游戏类业务
5	Non-GBR	1	100 ms	10^{-6}	IMS (IP 多媒体系统) 信令
6		7	100 ms	10^{-3}	语音、视频 (实时流业务)、交互类游戏
7		6	300 ms	10^{-6}	视频 (缓冲流业务)、基于 TCP 的业务 (如 WWW、E-mail、chat、ftp、P2P 文件共享等)
8		8			
9		9			

2. GBR 和 Non-GBR

根据是否保证比特速率，业务承载可以划分为两大类：

- (1) GBR (保证比特速率)；
- (2) Non-GBR (非保证比特速率)。

GBR 是指业务承载要求无线网络“永久”恒定分配的比特速率。不管无线网络资源是否紧张，要求的比特速率都必须保持。

当 QoS 保证类型是 GBR 的时候，在无线资源充足的情况下，定义所能达到的速率上限为 MBR (最大比特速率)。也就是说，MBR 的值一定大于或等于 GBR 的值。

Non-GBR 是指没有比特速率保证的业务承载，不需要占用固定的网络资源。在无线资源利用率较高及发生拥塞的情况下，可以要求一些业务承载降低速率，不必考虑保证速率。

GBR 承载只有在需要时才建立，但由于 Non-GBR 的资源占用较少，所以可以长时间建立。

为了提高系统的带宽利用率，防止多个 Non-GBR 承载占用过多的无线资源，定义 AMBR (Aggregated Maximum Bit Rate, 组合最大速率)，可以用来限制签约用户所有业务承载的总速率。

AMBR 不是针对一个 Non-GBR 的承载 (Bearer)，而是针对一组 Non-GBR 的承载 (Bearer)。系统可以分别定义上行和下行的 AMBR。

3. 默认承载和专用承载

根据是否建立专用的无线通道，QoS 的承载类型分为以下两种：

(1) 默认承载 (Default Bearer)；

(2) 专用承载 (Dedicated Bearer)。

默认承载是一种满足默认质量要求 (QoS) 的数据和信令承载方式。用户接入网络时，首先建立的承载就是默认承载。默认承载是用户“永远在线”的实现机制，是一种 Non-GBR (非保证比特速率) 承载，为业务提供“尽力而为”的 IP 连接，以保证其基本的业务需求，减小业务建立的时延。

在 UE 和网络完成附着后，如果没有其他数据传送，则系统自己建立起默认承载，可以直接用于少量数据和信令的传送，无须再重新建立。

如果有较大量的数据需要传送，则需要建立专门的无线通道进行传输，即为专用承载。

专用承载是核心网下发的、一系列系统定义好的、有特定 QoS 保证的承载策略。对于 EPS 本身来说，何时建立专用承载与 QoS 有关。专用承载的 QoS 要求和优先级一般比默认承载高。不同的业务数据流可以映射到不同的专用承载上，采用不同的 QoS 保证机制。

专用承载可以是 GBR 承载，也可以是 Non-GBR 承载。对于 GBR 这种等级比较高的 QoS，一般要求分配专用承载。

专用承载的建立可以由 UE 主动发起，也可以由 MME 主动发起，eNodeB 不能主动发起 (师出无名啊)。专用承载只有在 RRC_CONNECTED 状态下发起。专用承载建立后，UE 或 MME 皆可主动发起修改或释放流程。

在建立专用承载的过程中，并没有专门的信令去释放默认承载，而且在专用承载释放之后，少量数据还可以在默认承载中传送。

在一个 PDN 链接中，只有一个默认承载，但可以有多多个专用承载。



填空题

按资源类型划分，EPC 的 QoS 可分为_____和_____。

答案：GBR、Non-GBR

解析：根据 QoS 资源保证类型的不同，业务承载可以划分为两大类：① GBR (保证比特速率)；② Non-GBR (非保证比特速率)。GBR 是指不管无线网络资源是否紧张，要求的比特速率都必须保持。Non-GBR 是指没有比特速率保证的业务承载，不需要占用固定的网络资源。



判断题

1. 默认承载的 QoS 由 PCRF 决定。 ()

答案: ×

解析: 默认承载的初始 QoS 参数由网络侧基于用户的 HSS 签约数据进行分配, 不由 PCRF 决定。

2. 默认承载可以有 GBR 类型的 QoS。 ()

答案: ×

解析: 默认承载一定是一种 Non-GBR (非保证比特速率) 承载, 为业务提供“尽力而为”的 IP 连接; 不可能是 GBR 类型的承载。

3. 专用承载可以有 Non-GBR 类型的 QoS。 ()

答案: √

解析: 专用承载可以是 GBR 承载, 也可以是 Non-GBR 承载。

4. 在很多信令交互过程中, eNodeB 可根据需要发起专用承载建立。 ()

答案: ×

解析: 专用承载的建立和用户行为相关, 具有和所发起业务的特性相关的个性化配置参数。信令交互中, 首先建立的是默认承载。



单选题

1. 以下哪个选项不属于 QoS 相关的参数? ()

A. QCI B. ARP C. BLER D. GBR

答案: C

解析: QoS 参数, 包括 ARP、QCI、GBR、MBR、AMBR 等。BLER 不属于 QoS 参数, 它是网络测量出的误块率参数。

2. 关于承载建立的描述错误的是 ()。

A. 默认承载建立类似于一次 PDP 激活 B. 专用承载建立类似于二次 PDP 激活
C. 默认承载一定是 Non-GBR 承载 D. 专用承载一定是 GBR 承载

答案: D

解析: 专用承载可以是 GBR 承载, 也可以是 Non-GBR 承载。专用承载一定是 GBR 承载的描述不准确。默认承载一定是 Non-GBR 承载的描述是正确的。

用户接入网络时, 首先建立的承载就是默认承载, 相当于一次 PDP 激活。然后才是建立专用承载, 相当于二次 PDP 激活。

3. 在 VoLTE 业务所使用的无线承载, QCI 5 应该配置成哪种 RLC 模式? ()

A. UM B. AM C. TM

答案: B

解析: VoLTE 业务所使用的无线承载, QCI 5 和 9 主要用于传送信令, 对可靠性要求较高, 故需要使用 AM 模式。在无线承载的建立过程中, 一旦相关 RLC 定时器超时之前未收到 ACK 确认, 将会造成由于 SRB 复位造成的接入失败。QCI 1 采用的是 UM 模式。



多选题

1. 有关专用承载,说法正确的是()。

A. 创建和修改只能由网络侧发起

B. 可以是 Non-GBR 类型的承载

C. QoS 参数由核心网分配

D. QoS 参数由 UE 分配

答案: ABC

解析: 专用承载是核心网下发的、一系列系统定义好的、有特定 QoS 保证的承载策略。专用承载可以是 GBR 承载,也可以是 Non-GBR 承载。用户终端侧对业务承载的类型没有控制权,所以 QoS 参数不可能由用户终端 UE 分配。

2. 每个 EPS 承载都有的 QoS 的两个相关参数分别是()。

A. QCI

B. HII

C. ARP

D. BANDWIDTH

答案: AC

解析: 每个 EPS 承载都有的 QoS 的两个相关参数包括: ① ARP (Allocation and Retention Priority, 分配保留优先级); ② QCI (QoS Class Identifier, QoS 等级指示)。

HII 是高干扰指示, BANDWIDTH 是带宽, 都不属于 QoS 参数。

3. 以下哪些是 EPC 中的 QoS 参数? ()

A. QCI

B. ARP

C. GBR

D. MBR

答案: ABCD

解析: QoS 参数包括 ARP、QCI、GBR、MBR、AMBR 等。

4. 有关默认承载说法正确的是()。

A. 保证客户在开始业务时具有更短的时延

B. 可提供基本的连接服务

C. 为 PDN 连接提供 Always-on 服务

D. 是 Non-GBR 类型的承载

答案: ABCD

解析: 默认承载是相对于专用承载来说的。默认承载可简单地理解为一种提供尽力而为的 IP 连接的承载,一定是 Non-GBR; 随着 PDN 连接的建立而建立,随着 PDN 连接的拆除而销毁; 可为用户提供永久在线 IP 传输服务; 在开始业务时,具有更短的时延。



简答题

1. LTE/EPC 网络用于支持数据传送的 QoS 承载类型有哪两种? 列举二者的主要区别。

解答:

默认承载和专用承载。

(1) 默认承载和专用承载的 QoS 不同;

(2) 默认承载是 PDN 连接建立的第一个承载,专用承载是其后建立的承载;

(3) 默认承载是手机发起建立的,专用承载是网络中应用需要建立的;

(4) 一个用户只能在一个 PDN 连接中建立一个默认承载,但是可能在该 PDN 连接中有多个专用承载。

2. 在 LTE/EPC 网络中,区分同一连接中的不同承载,使用的 QoS 参数是什么? 其含义是什么?

解答：

使用的 QoS 参数是 QCI 和 ARP；

QCI 是一个标度值，用于规范用户平面对数据包的处理。可以分为 1~9 个标度。

ARP 用于规范控制平面的处理，区分两个承载的重要性，由优先级别、占先能力和被清空能力组成。

3. 网络侧如何管理终端 UE 的业务信道使用权限？

解答：

LTE 系统中，在 HSS 里查找 UE 是否合法用户，然后配置无线承载，设置对应的 QoS 参数，如 ARP（分配保留优先级）、AMBR（组合最大比特速率）、支持的 QCI 等。

1.7.2 无线准入控制

考 点 介 绍

无线准入控制的作用。

无线准入控制的判决。

无线准入控制（RAC）功能的目标是尽量提高无线资源的利用率，同时保证已有会话的业务质量（QoS）。

如果有新的无线承载建立请求，无线资源只要足够满足申请要求，就接纳该请求，以提高无线资源的利用效率；假若新请求的承载业务质量无法保证，或者没有可用的无线资源，则拒绝该请求，以确保已有会话的 QoS。

一个无线承载申请来了，RAC 靠什么来判断是允许还是拒绝？

RAC 根据 eNodeB 现有无线资源的利用情况及可用情况、各网元的负荷情况、已有会话的 QoS 服务情况和新申请无线资源的 QoS 要求，来确定一个无线承载（RB）申请是否允许建立。

1. 无线资源利用率的 RAC 判决

RAC 可以基于现有无线资源利用率来判断允许或拒绝一个 RB 建立申请。设立一定的资源利用率门限，当接纳一个 RB 建立申请时，若导致无线资源利用率高于该门限，则拒绝该申请；当接纳一个 RB 建立申请时，若无线资源利用率仍低于该门限，则接纳该申请。拒绝一个申请的目的是确保已有会话的 QoS；接收一个申请的目的是提高系统的资源利用率。

无线准入控制的对象有信令 RB（Signalling RB，SRB）和业务数据 RB（Data RB，DRB）。如 RRC 连接建立就属于信令 RB，数据业务下载过程或视频通话过程传送的就是业务数据。先申请信令 RB，信令 RB 成功建立后再申请业务数据 RB。

在 LTE 系统中，SRB 的准入控制不但要依据无线资源的利用状况（小区负荷状况、无线接口负荷），还需要依据核心网 MME 的负荷状况（与 S1 接口负荷状况直接相关）。

DRB 准入控制的主要依据是无线资源利用的状况。LTE 的无线资源利用率是时间和子载波组成的二维资源的利用率。

2. QoS 水平的 RAC 判决

当无线资源利用率过高，发生拥塞的时候，或者无线环境恶劣，空中接口速率下降

的时候, QoS 水平会恶化, 对新的业务承载请求, 其 QoS 要求无法保证。当实际 QoS 水平低于系统配置的 QoS 水平时, 就是一次 QoS 水平不达标。当 QoS 水平不达标的比例过高时, 新申请承载的 QoS 要求就可能不能得到满足。

基于 QoS 水平的准入控制算法思想: 设置一个系统不过载时 QoS 水平不达标的比例门限。当新申请承载准入后, QoS 水平不达标的比例低于该门限, 则接受该申请; 当新申请承载准入后, QoS 水平不达标的比例高于该门限, 则拒绝该申请。

基于 QoS 的 RAC 判决准则是把已有业务的 QoS 水平和新的业务请求的 QoS 需求, 作为资源请求允许或拒绝的判断依据。



填空题

准入（接纳）控制算法的基本粒度是_____。

答案：承载

解析：接纳控制算法的基本粒度是承载。



单选题

1. 业务数据 DRB 的 RAC 准入控制的主要依据是（ ）。

A. HSS 的签约信息

B. 核心网 MME 的负荷状况

C. 无线资源利用的状况

D. RRC 是否处于连接状态

答案：C

解析：如果有新业务数据的无线承载建立请求, 则准入控制主要看无线资源利用的状况。只要无线资源足够满足申请要求, 则接纳该请求, 以提高无线资源的利用效率。否则, 就拒绝该请求。DRB 的准入控制和 MME 的负荷状况无关, 与签约信息也没有关系。RRC 是否处于连接状态和准入控制也没有关系。

2. 尽量提高无线资源的利用率, 同时保证已有会话的业务质量 (QoS) 是下面哪个 RRM 功能的作用。()

A. 小区间干扰协调

B. 无线准入控制

C. 功率控制

D. 负载均衡

答案：B

解析：无线准入控制功能的目的是尽量提高无线资源的利用率, 同时保证已有会话的业务质量 (QoS)。



多选题

1. 关于 RAC 准入控制的判决正确的是（ ）。

A. RAC 可以根据 eNodeB 现有无线资源的利用情况来确定是否允许建立 RB

B. RAC 可以根据各网元的负荷情况来判断是否允许建立信令 RB

C. RAC 可以依据已有会话的 QoS 服务情况和新申请无线资源的 QoS 要求, 来确定是否允许建立一个无线承载 (RB)

D. RAC 可以依据小区间干扰的水平来确定是否允许建立 RB

答案：ABC

解析: RAC 根据 eNodeB 现有无线资源的利用情况及可用情况、各网元的负荷情况、已有会话的 QoS 服务情况和新申请无线资源的 QoS 要求, 来确定是否允许建立一个无线承载 (RB) 申请。RAC 准入控制的判决与小区间干扰无关。

2. 信令 RB 准入控制的依据是 ()。

A. 无线资源的利用状况

B. 小区负荷状况

C. 核心网 MME 的负荷状况

D. 与 S1 接口负荷状况直接相关

答案: ABCD

解析: RB 准入控制不但要依据无线资源的利用状况(小区负荷状况、无线接口负荷), 还需要依据核心网 MME 的负荷状况 (与 S1 接口负荷状况直接相关)。

1.7.3 资源调度

考 点 介 绍

无线资源调度的分类。

动态调度和持续 (静态) 调度的区别。

半持续 (半静态) 调度的特点。

动态调度的依据。

UE 资源的分配。

LTE 的无线资源调度就是无线资源的分配方式, 是基站 eNodeB 的一项核心功能, 位于 eNodeB 的 MAC 子层。资源调度的目的是决定在什么时间、哪些子载波上、用何种天线传输方式、以多大功率、用何种调制解调方式为一些用户发送业务数据。

1. 资源调度的分类

根据资源分配方式调整频繁程度的不同, 可以将调度分为动态调度 (Dynamic Scheduling, DS)、持续调度 (Persistent Scheduling, PS)、半持续调度 (Semi-Persistent Scheduling, SPS)。

动态调度也就是动态资源分配, 是最基本、最灵活的调度方式。基站中的动态资源调度器可以为下行共享信道 (DL-SCH) 和上行共享信道 (UL-SCH) 分配物理层资源, 也就是说, 下行 DL-SCH 和上行 UL-SCH 分别使用不同的调度器进行调度操作。

这里需要说明的是, 在 LTE 中, 不再使用“专用信道”来传送数据, 不再为特定用户长时间地保留固定的资源, 而代之以“共享信道”, 将用户的数据分割成小块, 然后依赖高效的调度机制将来自多个用户的“数据块”复用在共享的大数据信道中。

因此, LTE 的性能能否充分发挥, 在很大程度上取决于调度机制的效率。一方面要根据无线信道的特性进行灵活调度, 另一方面又不能大幅度增加系统的信令开销。

持续调度方式就是指在一定的周期内, 持续按照一定的资源分配方式为用户分配无线资源, 无须层 1、层 2 控制信道调度信令的交互, 直接发送或者接收数据。

动态调度可以提高频率分集和多用户分集增益, 比较适合数据类业务, 但层 1 和层 2 调度信令开销较大。对于持续调度资源的分配方式, 有效期长, 通常持续多个 TTI, 可以大幅减少层 1 和层 2 调度信令开销, 比较适合语音类业务, 但是资源利用率较低、实时

性较差。

为了克服动态调度信令开销较大、持续调度资源利用率低的缺点，提出了半持续调度。

半持续调度结合了动态调度和持续调度的优点，采取动静结合的方式来调度资源，主要应用于 VoIP 业务。

VoIP 半持续调度方案的核心思想是：需要时一定确保，不需要时则要动态调整。对于处于激活（Active）状态的数据包，采用持续调度的方式，确保有足够的无线资源；处于静默（Silent）状态的数据包，采用动态调度的方式，以便灵活处理空闲的无线资源；对于重传的数据包，无论是静默期还是激活期，均采用动态调度的方式。

2. 动态调度的依据

LTE 可以实现时域、频域和码域资源的动态调度和分配。在动态调度下，无线资源分配采用按需分配方式，用户和网络在每个调度时刻都需要交互调度信令。

动态资源调度器需要根据上/下行信道的无线链路状态来进行资源分配，而无线链路状态是根据 eNodeB 和 UE 上报的测量结果进行判定的。分配的无线资源包含物理资源块的数量、物理资源块的位置及调制编码方案 MCS。

在频域资源调度中，eNodeB 上调度器的主要调度依据如下。

- (1) 上/下行信道的 CQI（信道质量指示）。这是最重要的调度依据。
- (2) 无线承载的 QoS 参数。
- (3) eNodeB 的缓存状态、等待调度的负载量。
- (4) 在队列中等待的重传任务。
- (5) UE 能力（Capability）。
- (6) UE 睡眠周期和测量间隔/测量周期。
- (7) 功率限制。
- (8) 干扰条件，以及小区间干扰协调所限制使用或倾向使用的资源块信息。

LTE 动态资源调度的主要内容如下。

- (1) 下行子帧内资源分配（时域资源、频率资源、功率资源）。
- (2) 上行子帧内资源分配（时域资源、频率资源、功率资源）。
- (3) 子帧间负荷均衡（时域资源、功率资源）。
- (4) MIMO 模式选择和切换（空域资源调度）。
- (5) 配合 AMC 完成调制编码方案（MCS）的选择。
- (6) 配合 HARQ 完成数据重传。

如图 1-10 所示。

3. UE 资源的分配

对于上行共享信道（UL-SCH）上的数据传输进行调度授权时，授权的最小颗粒度是每个 UE，而不是每个 UE 的每个 RB 的资源。

在上/下行链路中，eNodeB 可以在每个 TTI 上用某个 UE 的 C-RNTI 加扰的 PDCCH 为这个 UE 分配资源。当 UE 能够进行上/下行链路数据接收时，为了得到可能分配给该 UE 的上/下行资源，UE 需要一直监视 PDCCH。

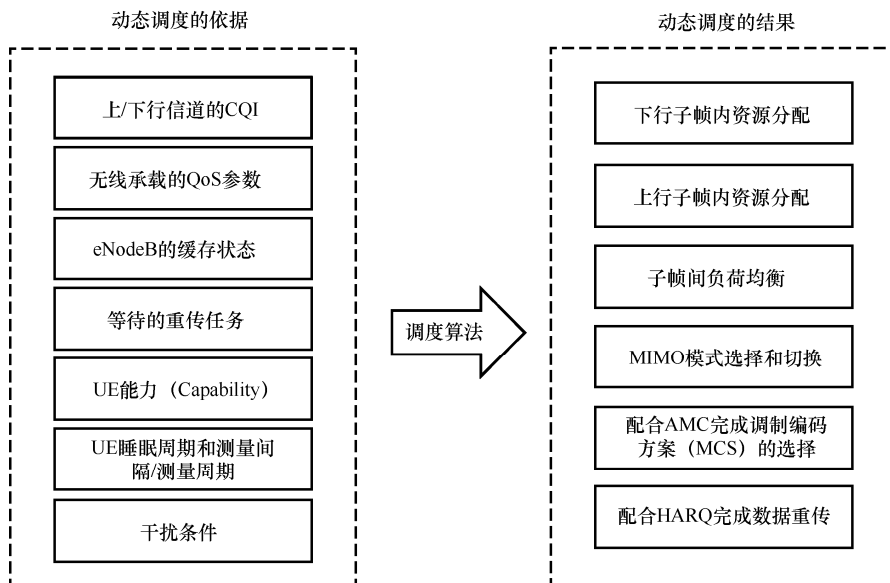


图 1-10 动态调度的依据和结果



填空题

UE 为了得到动态调度给自己的上/下行资源，需要一直监视_____。

答案：PDCCH

解析：当 UE 能够进行上/下行链路数据接收时，为了得到基站分配给该 UE 的上/下行资源，UE 需要一直监视 PDCCH 信道。



判断题

1. LTE 的动态调度可以为专用信道分配资源。 ()

答案：×

解析：在 LTE 中，不再使用“专用信道”来传送数据，不再为特定用户长时间地保留固定的资源，而代之以“共享信道”。动态调度是针对“共享信道”进行资源分配的。

2. BCCH 信道中的 SIB 使用半静态调度方案。 ()

答案：×

解析：LTE 系统消息中的调度分为两种：一种是动态调度方法；另一种是 MIB/SIB1 的发送采用静态调度方法。LTE 中的 SIB 没有半静态的调度方法。



单选题

1. SPS 调度可以应用于以下哪个方向？ ()

- A. 仅上行
- B. 仅下行
- C. 上行或下行，或上/下行同时应用
- D. 上行和下行同时应用

答案：C

解析：SPS 上/下行均可以使用，可以同时用，也可以在一个方向上单独使用。DCI 有上行资源调度信息，也有下行资源调度信息。

2. LTE 中的最小调度单位为（ ）。

A. RE

B. PRB

C. PBCH

D. PSS

答案：B

解析：频域上最小调度单位是 PRB，也就是说，一对 RB。

3. 频域资源调度最重要的依据是（ ）。

A. CQI

B. UE 能力

C. 系统带宽

D. 缓存数据量

答案：A

解析：eNodeB 上的调度器最重要的调度依据是上/下行信道的 CQI（信道质量指示）。其他调度依据不是最重要的。



多选题

1. 按资源占用时间来区分，LTE 调度包括（ ）。

A. 持续调度

B. 半持续调度

C. 动态调度

D. QoS 调度

答案：ABC

解析：根据资源分配方式调整频繁程度的不同，可以将调度分为动态调度、持续调度、半持续调度。

2. 在频域资源调度中，eNodeB 上调度器的主要调度依据是（ ）。

A. 上/下行信道的 CQI（信道质量指示），这是最重要的调度依据

B. 无线承载的 QoS 参数

C. eNodeB 的缓存状态、等待调度的负载量

D. UE 能力（Capability）

E. 小区间干扰协调所限制使用或倾向使用的资源块信息

答案：ABCDE

解析：eNodeB 上调度器的主要调度依据包括 CQI、无线承载的 QoS 参数、eNodeB 缓存状态、UE 能力、干扰条件等。

1.7.4 小区间干扰协调

考点介绍

小区间干扰控制技术的分类。

ICIC 技术。

HII、RNTP、OI。

OFDMA/SC-FDMA 系统的一个小区内，所有 UE 使用的 RB（Resource Block）彼此正交，所以小区内的干扰很小。但由于频率复用因子为 1，所有小区都可以使用整个系统频带，从而导致小区间的干扰不可忽视。

1. 小区间干扰控制技术

为了提高 LTE 用户在小区边缘的数据传输速率,支持 LTE 同频组网,必须引入小区间干扰控制技术。小区间干扰控制技术主要有:

- (1) 干扰随机化技术。
- (2) 干扰消除技术。
- (3) 小区间干扰协调 (Inter-Cell Interference Coordination, ICIC) 技术。

干扰随机化技术并不是消除干扰,而是将干扰白化(白噪声化),或者叫做干扰随机化,即处处有干扰,处处无强干扰。干扰随机化的方法包括加扰 (Scrambling)、交织多址 (Interleaving Division Multiple Address, IDMA) 和跳频 (Frequency Hopping) 等。

干扰消除 (Interference Cancellation, IC) 技术就是将服务小区、同频邻区的信号都进行解调、解码,利用小区间干扰的相关性,将各自的干扰信号、有用信号分离开来。小区间干扰消除技术是一种小区间多用户检测技术,允许相邻小区的用户使用同样的时、频资源,可以支撑同频组网。

小区间干扰协调 (ICIC) 是通过协调服务小区、相邻小区,按一定的规则和方法,安排时频资源和功率资源的调度和分配,以降低小区相互之间的同频干扰。

ICIC 的分类如下。

(1) 根据 ICIC 是否动态调整边缘频带资源分为静态 ICIC、动态 ICIC、半静态 ICIC 和协调调度,后两者本质上是静态干扰协调和动态干扰协调的一个折中。

(2) 根据 ICIC 的作用范围分为下行 ICIC 和上行 ICIC。

整个小区可以分为中心区域和边缘区域,每个小区的整个频带划分为边缘频带和中心频带。中心区域和边缘区域使用不同的频率和发射功率,来控制边缘用户间的干扰。

中心区域用户可以使用全部资源块,但只能以低功率使用部分资源块;边缘区域用户只能使用部分资源块,但可以以全功率发射信号。由于边缘频带互相正交,所以可以降低边缘用户间的干扰。

2. HII、RNTP、OI

高干扰指示 (High Interference Indication, HII) 是相邻小区进行干扰及负荷状态交互的信令指示。HII 指示本小区在未来一段时间将分配哪些 PRB 给边缘用户,相邻小区使用这些资源可能产生较高的干扰,所以在调度边缘用户的时候,相邻小区尽量避免使用这些 PRB。

RNTP (Relative Narrowband TX Power Indicator, 相对窄带发射功率指示) 是本小区 PRB 上的下行发送功率等级的指示,用于通知相邻小区哪些 PRB 以高功率发送;相邻小区在给边缘 UE 调度无线资源时,尽量避开这些 PRB。

在小区边缘高负荷的情况下,服务小区将会检测到较强的上行干扰。当基站测量的 PRB 上行干扰 (Interference Over Thermal Noise, IOT) 超过一定门限时,即满足了 OI (Overload Indicator, 过载指示) 的触发条件,产生干扰的小区将确定干扰等级,向邻区发送过载指示,通知邻区服务小区哪些资源受到上行干扰。邻区收到 OI 后,确认是否是由自己引起的干扰,若是则进行降干扰处理。

高干扰指示 HII 是在中低负荷的时候对干扰较大的 PRB 进行标识的,是过载前的干扰协调机制。

负荷过载指示 (OI) 是在系统负荷较大的时候,对已经产生的上行干扰的指示。

HII、RNTP、OI 信息都是通过 eNodeB 之间的 X2 接口传送的。



填空题

1. ICIC 的实现方式按照资源调度的周期可以分成_____、_____、_____和_____。

答案：静态分配、半静态分配、动态分配、协调调度

解析：根据 ICIC 是否动态调整边缘频带资源分为静态 ICIC、动态 ICIC、半静态 ICIC 和协调调度，后两者是静态干扰协调和动态干扰协调的一个折中。

2. 基站侧进行用于小区间干扰协调的测量，包括_____和_____。

答案：HII、OI

解析：基站侧进行用于小区间干扰协调的测量，包括 HII (High Interference Indicator, 高干扰指示)、OI (Overload Indicator, 过载指示)。HII、OI 是和本小区负载状况强相关的测量值。



判断题

1. 小区之间可以在 S1 接口上交换过载指示信息 (Overload Indicator, OI)，用来进行小区间的上行功率控制。 ()

答案：×

解析：HII、RNTP、OI 信息都是通过 eNodeB 之间的 X2 接口传送的。

2. 干扰协调技术实质上是一种无线资源管理算法。 ()

答案：√

解析：无线资源管理包括干扰协调技术。

3. 采用小区间干扰抑制技术可提高小区边缘的数据率和系统容量等。 ()

答案：√

解析：为了提高 LTE 用户在小区边缘的数据传输速率，支持 LTE 同频组网，必须引入小区间的干扰控制技术。

4. 在 ICIC 中，HII 是已经发生的上行干扰的“预警”，OI 是对将要发生的上行干扰的指示。 ()

答案：×

解析：HII 指示本小区在未来一段时间内将分配哪些 PRB 给边缘用户，相邻小区使用这些资源可能产生较高的干扰，所以在调度边缘用户的时候，相邻小区尽量避免使用这些 PRB。

负荷过载指示 (OI) 是在系统负荷较大的时候，对已经产生的上行干扰的指示。

题干中的表述正好把 HII 和 OI 的概念搞反了。



单选题

1. ICIC 技术是用来解决 () 的。

A. 邻频干扰 B. 同频干扰 C. 随机干扰 D. 异系统干扰

答案：B

解析：LTE 同频组网时，在小区边缘的用户受到的干扰影响最大。ICIC 技术是小区间干扰控制技术，解决的是 LTE 的小区间同频干扰。

2. 以下哪个属于 ICIC 的干扰抑制技术。()

- A. 加扰 B. 交织 C. 多用户联合检测 D. 静态小区间的干扰协调

答案: D

解析: 干扰和交织属于干扰随机化技术, 多用户联合检测属于干扰消除技术。ICIC 是一种小区间的干扰协调技术, 分静态 ICIC、动态 ICIC、半静态 ICIC 和协调调度几种。



多选题

1. 小区间干扰控制技术主要包括 ()。

- A. 小区间干扰随机化 (Inter-cell Interference Randomisation) 技术
B. 小区间干扰消除 (Inter-cell Interference Cancellation) 技术
C. 小区间干扰协调 (Inter-cell Interference Coordination, ICIC) 技术
D. 小区间干扰平均 (Inter-cell Interference Average) 技术

答案: ABC

解析: 小区间干扰控制技术主要包括小区间干扰随机化技术、小区间干扰消除技术、小区间干扰协调技术。

2. 与 ICIC 有关的测量量有 ()。

- A. HII B. RNTP C. RSRP D. OI

答案: ABD

解析: HII (High Interference Indication, 高干扰指示) 是相邻小区进行干扰及负荷状态交互的信令指示。RNTP (Relative Narrowband TX Power Indicator, 相对窄带发射功率指示) 是本小区 PRB 上的下行发送功率等级的指示。OI (Overload Indicator, 过载指示) 用于向邻区发送过载指示, 通知邻区服务小区哪些资源受到上行干扰。HII、RNTP、OI 均是 ICIC 相关的测量值。

RSRP (Reference Signal Receiving Power, 参考信号接收功率) 是 LTE 网络中用于衡量信号覆盖水平的测量量, 与 ICIC 无关。

1.7.5 切换控制

考 点 介 绍

LTE 切换的过程: 测量、判决、执行。

LTE 切换的分类。

LTE 切换事件。

1. 切换三步走: 测量、判决、执行

基站根据不同的需要, 利用移动性管理算法, 给 UE 下发不同种类的测量任务, 在 RRC 重配消息中, 携带 MeasConfig 信元给 UE 下发测量配置; UE 收到配置后, 对测量对象实施测量, 并用测量上报标准进行结果评估, 当评估测量结果满足上报标准后向基站发送相应的测量报告。

1) 测量开关

(1) 同频

同频测量的建立 (Setup): RRC 连接建立后, 与承载 UE 上下文建立消息的第一次 RRC 重配消息一起下发。

同频测量的释放 (Release): 状态转入 RRC_IDLE (无须通过消息通知 UE 释放测量, eNodeB 内部释放)。

(2) 异频

异频测量的建立 (Setup): A2 事件上报后, 打开异频测量。

异频测量的关闭 (Release): A1 事件上报后, 或状态转入 RRC_IDLE, 停止异频测量。

2) 测量上报

(1) 事件上报

在后台参数设置的一定时间内, 测量量始终大于所设置的门限, UE 则向 eNodeB 上报满足对应触发条件的事件。RSRQ 和 RSRP 的触发原则一致, 只是触发门限不同。

当 UE 上报次数达到设置的事件上报次数要求时, UE 也停止向 eNodeB 上报测量结果, 即使测量量继续满足该事件的触发门限。

(2) 周期上报

当 UE 的测量趋于稳定后, 开始向 eNodeB 上报第一次测量。UE 每隔一定周期, 向 eNodeB 上报测量结果, 直到上报次数达到参数设置的要求为止。当 UE 上报的次数达到设置的次数时, UE 停止向 eNodeB 上报。

执行基站通过终端上报的测量报告判决是否执行切换。为了控制切换信令流程的准确和及时, 网络侧通过一些参数来控制切换的触发条件。当前最常用的参数有 3 个: 切换门限、延迟触发时间、小区偏置 CIO。

如果需要执行切换, 则切换的过程分为以下 3 步。

- ① 切换准备: 目标网络完成资源预留。
- ② 切换执行: 源基站通知 UE 执行切换; UE 在目标基站上连接完成。
- ③ 切换完成: 源基站释放资源、链路, 删除用户信息。

2. 切换分类

LTE 切换从不同角度有不同的分类方法, 如图 1-11 所示。

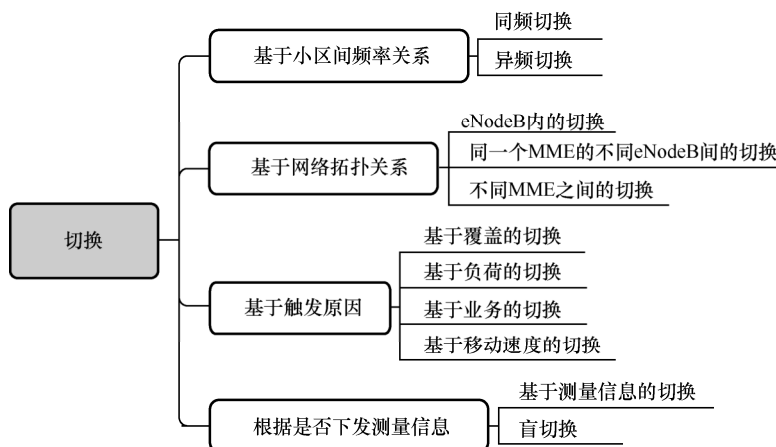


图 1-11 切换分类

3. LTE 切换事件的种类

LTE 定义的与切换相关的事件有 8 个，系统内切换事件有 6 个，系统外切换事件有 2 个，如表 1-7 所示。

表 1-7 LTE 与切换相关的事件

事 件		含 义
系统内	A1	服务小区信号质量比门限好，用于关闭异频和异系统的测量
	A2	服务小区信号质量比门限差，用于打开异频、异系统的测量
	A3	相邻小区信号质量比主服务小区（PCell）好，用于基于覆盖的切换
	A4	相邻小区信号质量比门限好，用于向高优先级的小区，基于负荷的切换
	A5	服务小区信号质量比门限 1 差，相邻小区比门限 2 好，用于向低优先级的小区，基于负荷的切换
	A6	相邻小区信号质量比服务小区（SCell）好，用于同频次服务小区的切换
异系统	B1	异系统（Inter RAT）邻区信号质量比门限好，用于高优先级的异系统测量
	B2	主服务小区（PCell）信号质量比门限 1 差，异系统（Inter RAT）邻区信号质量比门限 2 好，用于低优先级的异系统测量

（1）A1 事件

A1 事件，即服务小区信号质量比门限好的事件。当服务小区的信号质量较差时，有可能需要启动异频或异系统测量。A1 事件用于关闭正在进行的异频、异系统测量。

（2）A2 事件

A2 事件，即服务小区信号质量比门限差的事件。当服务小区的信号质量从好变差时，A2 事件用于激活测量 GAP，打开异频或异系统测量。

（3）A3 事件

在考虑适当偏置的情况下，当相邻小区的信号质量好于当前服务小区的信号质量时，触发 A3 事件。A3 事件是 LTE 同频小区基于覆盖切换时的一个主要事件。

（4）A4 事件

考虑一定的偏置，相邻小区的信号质量比门限好，触发 A4 事件。A4 事件用于基于负荷的切换，用于负载平衡，将 UE 移动到高优先级的小区。

（5）A5 事件

适当考虑偏置后，服务小区的信号质量比门限 1 差，相邻小区的信号质量比门限 2 好，触发 A5 事件。A5 事件用于负载平衡，与移动到低优先级的小区重选类似。

（6）A6 事件

考虑一定的偏置后，相邻小区的信号质量比服务小区好，触发 A6 事件。

（7）B1 事件。

考虑一定的偏置后，异系统邻区的测量值比门限好，触发 B1 事件。B1 事件一般用于测量高优先级的异系统。

（8）B2 事件。

进行适当考虑偏置后，服务小区的信号质量比门限 1 差，异系统邻区的信号质量比门限 2 好，触发 B2 事件。B2 用于测量低优先级的异系统。

通过 A2 事件来启动异频或异系统测量，激活测量 GAP。通过 A1 事件来关闭异频和异系统测量，去激活测量 GAP。

根据切换算法实现：同频切换采用 A3 事件来触发切换；异频切换采用 A1-A2，A3-A4-A5 来触发；异系统切换采用 A1-A2，B1-B2 来触发。



填空题

1. _____ 事件表示服务小区信号质量低于一定门限，满足此条件的事件被上报时，eNodeB 启动异频/异系统测量。

答案：A2

解析：A2 事件，即服务小区信号质量比门限差的事件。当服务小区信号质量从好变差的时候，A2 事件用于激活测量 Gap，打开异频或异系统测量。

2. 目前现网中，LTE 同频切换主要通过 _____ 事件进行触发。

答案：A3

解析：A3 事件是 LTE 同频小区基于覆盖切换时的一个主要事件。

3. eNodeB 通过下行的 _____ 消息将测量配置信息发送给 UE，包括 UE 需要测量的对象、事件参数、测量标识等。

答案：RRC 连接重配

解析：RRC 连接建立后，UE 需要测量的对象、事件参数、测量标识通过第一次 RRC 重配消息一起下发。

4. 为了初始化特定的测量，eUTRAN 将传输一个 RRC 连接重配消息给 UE，包括测量 ID 和类型、_____、测量目的、测量数、报告数量，以及_____。

答案：测量命令（建立、修改、释放）、报告准则（周期性触发、事件触发）

解析：RRC 连接重配（RRC Connection Reconfiguration）消息用来初始化 UE 特定的测量，这里包含的信息有测量 ID 和类型、测量命令（建立、修改、释放）、测量目的、测量数、报告数量，以及报告准则（周期性触发、事件触发）。



判断题

1. LTE 系统中采用了软切换技术。 ()

答案：×

解析：LTE 的切换是先断后连，属于硬切换。

2. 跨 X2 口切换为软切换，跨 S1 口切换是硬切换。 ()

答案：×

解析：LTE 的切换不管是基于 S1 的，还是基于 X2 的，都是先断后连，都属于硬切换。



单选题

LTE 支持哪种切换。()

A. 硬切换

B. 硬切换和软切换

C. 硬切换、软切换和更软切换

D. 不支持切换

答案：A

解析：LTE 的切换是先断后连，属于硬切换。



多选题

1. 关于 LTE 系统, A3 事件的说法正确的有 ()。

- A. A3 事件指服务小区信号质量低于一定门限值
- B. A3 事件指同频邻区信号质量高于当前服务小区的信号质量
- C. A3 事件主要用于触发同频切换
- D. A3 事件指服务小区比门限好

答案: BC

解析: A1 事件是服务小区信号质量比门限好的事件; A2 事件是服务小区信号质量比门限差的事件; A3 事件是邻区的信号质量好于当前服务小区的信号质量; A3 事件是 LTE 同频小区基于覆盖切换时的一个主要事件。

2. 下列有关测量触发事件的说法正确的是 ()。

- A. A1 指的是服务小区的信号质量高于门限值
- B. A2 指的是服务小区的信号质量高于门限值
- C. A4 指的是邻区的信号质量高于门限值
- D. B1 指的是异系统邻区的信号质量高于门限值

答案: ACD

解析: A1 指的是服务小区的信号质量高于门限值; A2 指的是服务小区的信号质量比门限值低; A4 指的是邻区的信号质量高于门限值。B1 指的是异系统邻区的信号质量高于门限值。

3. 请列出所有可支持跨系统移动性的事件。()

- A. A5
- B. A3
- C. B2
- D. B1

答案: CD

解析: LTE 定义的与切换相关的事件有 8 个, 其中, 系统内切换事件有 6 个, 跨系统切换相关事件有 2 个, 即 B1、B2。

4. TD-LTE 的 UE 设定为 A3 事件触发同频切换, 则增大 () 时, 可以减少 A3 事件的触发。

- A. Event A3 Offset
- B. Cell Individual Offset_s
- C. Cell Individual Offset_n
- D. Hysteresis

答案: ABD

解析: A3 事件的进入条件为: $M_n + Of_n + Ocn - Hys > M_s + Of_s + Ocs + Off$

由此式可知, M_s 、 Of_s 、 Ocs 、 Off 、 Hys 几个值越大, A3 事件发生的次数越少。

M_s 是不考虑任何偏置的主服务小区测量值 (RSRP 的单位是 dBm, RSRQ 的单位是 dB)。

M_n 是不考虑任何偏置的邻区测量值 (RSRP 的单位是 dBm, RSRQ 的单位是 dB)。

Hys 是一个事件的迟滞参数 (单位为 dB)。

Ocs 是主服务小区的特定偏置, 没有偏置则设为 0 (单位为 dB)。

Ocn 是邻区的小区特定偏置, 没有偏置则设为 0 (单位为 dB)。

Of_s 是主服务小区的频率特定偏置, 没有偏置则设为 0 (单位为 dB)。

Ofn 是邻小区的频率特定偏置, 没有偏置则设为 0 (单位为 dB)。

Off 是某一事件的偏置, 没有偏置则设为 0 (单位为 dB)。



简答题

1. LTE 中, 测量 GAP 的作用是什么?

解答:

测量 GAP 就是让 UE 离开当前频点到其他频点测量的时间段, 主要用于异频异系统测量。

由于 UE 通常只有一个接收机, 则同一时刻只能在一个频点上接收信号。在进行异频异系统切换之前, 首先要进行异频异系统测量。在 3G 中把这种情况称为起压模。其实二者的道理是一样的, 都是留出一段时间让 UE 去其他频点进行测量, 不同的是对于 3G, 在压模情况下, 采用扩频因子减半和高层调度的方式来避免对业务的影响, 在 LTE 中则是通过良好的调度设计来避免。当异频或异系统测量被触发后, eNodeB 将下发测量 GAP 相关配置, UE 按照 eNodeB 的配置指示启动测量 GAP。

2. 请简述 LTE 同系统切换和异系统切换触发事件的含义 (不考虑 X2 切换)。

解答:

(1) 同系统切换

A1: 服务小区信号质量高于一个绝对门限值, 关闭频间测量。

A2: 服务小区信号质量低于一个绝对门限值, 打开频间测量。

A3: 邻区质量比服务小区质量高于一个门限值, 用于基于覆盖的切换。

A4: 邻区质量高于一个绝对门限值, 用于基于负荷的切换。

A5: 服务小区质量低于一个绝对门限值, 邻区质量高于一个绝对门限值, 用于基于负荷的切换。

A6: 邻区信号质量比服务小区信号质量好, 用于基于负荷的切换。

(2) 异系统切换

B1: 异系统邻区信号质量高于一个绝对门限值, 用于基于负荷的切换。

B2: 服务小区信号质量低于绝对门限 1, 且异系统邻区质量高于一个绝对门限值, 用于基于覆盖的切换。

3. 请简述 LTE 同频切换 A3 事件的触发条件。

A3 事件的进入条件: $Mn + Ofn + Ocn - Hys > Ms + Of + Ocs + Off$

A3 事件的退出条件: $Mn + Ofn + Ocn + Hys < Ms + Of + Ocs + Off$

其中, Mn 为邻区 RSRP; Ms 为服务小区 RSRP; Hys 为 A3 事件迟滞; Off 为 A3 事件偏置; Ofn 和 Of 分别为邻区和服务小区的频率偏置; Ocn 和 Ocs 分别为邻区和服务小区的 CIO (Cell Individual Offset) 偏置。

1.7.6 LTE 功率控制

考点介绍

LTE 功率控制的技术特点。

LTE 开环功率控制和闭环功率控制。

LTE 上行功率控制和下行功率控制。

LTE 采用的是正交频分多址 (OFDMA) 技术, 没有明显的“远近效应”, 无须使用快速功率控制, 使用慢速功率控制能够补偿路损和阴影衰落的变化。

LTE 中的功率控制对降低干扰 (尤其是小区间的干扰水平)、提高信噪比、提升小区吞吐量有着非常明显的作用。

在 LTE 系统中, 每个用户只会占用系统的一部分带宽 (多个子载波), 占用部分频率资源, 且每个用户占用的子载波数量和位置不一样, 因此对小区内和小区间的干扰是窄带干扰, 是一种频率选择性干扰。

在 LTE 中, 小区间的干扰对系统的性能影响比较大, 因此 LTE 不但要进行小区内的功率控制, 还要进行小区间的功率控制。

1. 开环和闭环

按照功率控制的执行方是否需要对方反馈控制信息, 可将功率控制分为开环功率控制 (无须反馈) 和闭环功率控制 (必须反馈信息)。

开环功率控制是在无接收方反馈信息的情况下使用的。例如, 在随机接入过程中, 无须专门的反馈信令开销, 但控制精度较差。当无线信道环境突然变化时, 会造成一定程度的不连续发射, 甚至由同步状态变成失步状态, 无法获取反馈信息。这时就需要有效的开环功率控制。

闭环功率控制基于接收方的反馈信息进行控制, 反映了实际的信道变化, 但需要专门的反馈信令开销。闭环功率控制可以精确地控制功率并跟上信道环境的变化。在同步状况良好及数据连续发送的时候, 为达到比较精确的功率控制目的, 需要闭环功率控制, 如上行共享信道和下行共享信道的功率控制过程。

闭环功率控制还可分为内环功率控制 (以 SIR 为控制目标) 和外环功率控制 (以 BLER 为控制目标)。

2. 上行和下行

按照功率控制的方向, 可将功率控制分为上行 (反向) 功率控制和下行 (前向) 功率分配。

在 LTE 中, 上行功率控制着每个 SC-FDMA 符号上的能量。

严格来说, LTE 的下行方向是一种功率分配机制, 而不是功率控制。不同的物理信道和参考信号之间有不同的功率配比。在这种功率分配机制下对下行链路的可靠性、传输的有效性也有很大作用。下行功率分配机制可以决定每个 RE 上的能量 (Energy per Resource Element, EPRE)。

在 LTE 中, 上行功率控制对小区间的干扰控制起到比较大的作用, 同时上行功率控制还可以最大限度地节省终端发射功率、延长电池的使用时间。因此, 上行功率控制是 LTE 关注的部分。

小区内上行功率控制分别控制上行共享信道 PUSCH、上行控制信道 PUCCH、随机接入信道 PRACH 和上行参考信号 (Sounding RS)。PRACH 信道总是采用开环功率控

制的方式。其他信道/信号的功率控制是通过下行 PDCCH 信道的 TPC 信令进行闭环功率控制的。

下行 RS 一般以恒定功率发射。

下行共享/控制信道功率控制的主要目的是补偿路损和慢衰落,保证下行数据链路的传输质量。下行共享信道 PDSCH 的发射功率与 RS 发射功率成一定比例。它的功率是根据 UE 反馈的 CQI 与目标 CQI 的对比来调整的,是一个闭环功率控制过程。

在基站侧保存着 UE 反馈的上行 CQI 值和发射功率的对应关系表。基站收到什么样的 CQI,就知道用多大的发射功率可达到一定的信噪比 (SINR) 目标。



填空题

LTE 下行方向的链路自适应技术基于终端反馈的_____参数进行。

答案: CQI

解析: LTE 下行方向的链路自适应技术基于终端反馈的 CQI 参数进行。



判断题

1. LTE 支持上/下行功率控制。 ()

答案: ×

解析: LTE 系统针对上行进行功率控制;而下行方向,严格来说,是一种功率分配机制。

2. 功率控制的一个目的是通过动态调整发射功率,来维持接收端一定的信噪比,从而保证链路的传输质量。 ()

答案: √

解析: LTE 中的功率控制对降低干扰(尤其是小区间的干扰水平)、提高信噪比、提升链路传输质量有着非常明显的作用。

3. LTE 上行功率控制主要用于补偿信道的路径损耗和阴影,并用于抑制小区内的干扰。 ()

答案: ×

解析: LTE 的干扰主要是小区间的干扰,而不是小区内的。



单选题

以下对于 LTE 功率控制描述正确的是 ()。

- A. 功率控制通过调整发射功率来使业务质量刚好满足 BLER (Block Error Rate) 要求,避免功率浪费
- B. LTE 干扰主要来自于同频邻区,功率控制可减小对邻区的干扰
- C. 上行功率控制可以有效减少 UE 的电源消耗
- D. 以上都正确

答案: D

解析：功率控制通过调整发射功率来使业务质量刚好满足 BLER (Block Error Rate) 要求，从而确保链路质量，避免功率浪费。LTE 干扰主要来自于同频邻区，功率控制可减小对邻区的干扰，降低同频干扰。上行功率控制可以有效减少 UE 的电源消耗。所以三种说法全部正确。



多选题

1. 在 LTE 中，功率控制包括 ()。

- A. 上行功率控制
- B. 上行功率分配
- C. 下行功率控制
- D. 下行功率分配

答案：AD

解析：在 LTE 中，上行功率控制着每个 SC-FDMA 符号上的能量；严格来说，LTE 的下行方向是一种功率分配机制，而不是功率控制。不同的物理信道和参考信号之间有不同的功率配比。

2. LTE 功率控制的类型包括 ()。

- A. 开环功率控制
- B. 闭环功率控制
- C. 内环功率控制
- D. 外环功率控制

答案：ABCD

解析：按照功率控制的执行方是否需要对方反馈控制信息，可将功率控制分为开环功率控制（无须反馈）和闭环功率控制（必须反馈信息）。

闭环功率控制还可分为内环功率控制（以 SIR 为控制目标）和外环功率控制（以 BLER 为控制目标）。



简答题

1. LTE 中，下行不使用功率控制的原因有哪些？

解答：

下行功率控制可以用于补偿信道的路径损耗和阴影，但 OFDM 系统的下行功率控制和频域调度存在一定的冲突。

系统完全可以通过频域调度的方式，避免在那些路径损耗较大的 RB 上进行传输，因此对 PDSCH 采用下行功率控制就不是很重要了。

采用下行功率控制反而会扰乱下行 CQI 测量。由于功率控制补偿了某些 RB 上的路径损耗，因此 UE 无法获得真实的下行信道质量信息，从而影响下行调度的准确性。

在频域和时间上采用恒定的发射功率，基站通过高层信令指示该发射功率的参数值。下行功率分配以每个 RE 为单位控制基站在各个时刻各个子载波上的发射功率。

2. P_a 、 P_b 是什么？常用配置值是多少？

解答：

P_a 表示 PDSCH 功率控制 PA 调整开关关闭，且下行 ICIC 开关关闭时，PDSCH 采用均匀功率分配时的功率偏置值，在 RS 功率一定时，增大该参数，就增加了小区所有用户的功率，提高了小区所有用户的 MCS，同时会造成功率受限，影响吞吐率；反之，降低小区所有用户的功率和 MCS，就会降低小区吞吐率。

P_b 表示 PDSCH EPRE 的功率因子比率指示, 它和天线端口共同决定了功率因子比率的值。 P_b 取值越大, RS 在原来的基础上抬升得越高, 能获得更好的信道估计性能, 增强 PDSCH 的解调性能, 同时减小 PDSCH 的发射功率, 从而可以改善边缘用户速率。

LTE 的机顶功率为: 40W 时 $P_a=-3$, $P_b=1$, RS 的功率为 15dBm。

1.7.7 负载均衡

考 点 介 绍

负载均衡的使用场景。

负载均衡的分类。

负载均衡算法的评估。

由于不同场景用户行为的不确定性, 话务迁移、话务突发现象频繁, 导致网络中可能同时存在超忙小区、超闲小区。

超忙小区导致拥塞率上升、业务质量下降; 超闲小区使得资源利用率过低, 资源浪费严重。

负载均衡 (Load Balance, LB), 有的文献上也称为负载控制 (Load Control, LC), 本质上是一种话务分流技术, 功能模块位于 eNodeB 中。

负载均衡是指多小区间的负荷分布不均衡, 甚至已经出现了较大比例的超忙小区或者超闲小区, 通过一定的协调, 降低超忙小区的利用率、提高超闲小区的利用率, 使得小区间负荷分担更加均衡, 在小区资源利用率和业务质量 (QoS、掉线率) 之间寻找合适的平衡点。

根据参与话务分流的小区范围不同, 负载均衡可以分为:

- (1) 基站内小区之间的负载均衡。
- (2) 基站间的负载均衡。
- (3) MME 之间的负载均衡。
- (4) 跨系统间的负载均衡。

1. 负载均衡效果的评估

系统负载均衡的效果除了受话务分布的影响之外, 还受系统的覆盖水平、UE 的能力、市场牵引策略等多个因素影响。

评估负载均衡算法的好坏有 3 个因素:

- (1) 资源利用率。
- (2) 业务 QoS 满意率。
- (3) 掉线率。

系统资源利用率越高, 业务 QoS 的满意率越高, 掉线率越低, 从而负载均衡的算法越有效。

2. 过载判断及控制动作

负载均衡算法包括两个重要工作: 过载判断和负载均衡控制。

满足下面两个条件的时候，负载均衡算法判断为过载：

- (1) 业务 QoS 的满意率低于一个门限，RB 利用率高于一个门限。
- (2) 业务 QoS 的满意率低于一个门限，下行功率受限。

小区负荷过载后，系统就需要启动负载均衡的控制动作，包括以下内容。

- (1) 业务保证速率 GBR 降速。

将业务保证速率下降一定的百分比，本质上是让所有的业务承载都承担一些负荷过载的消极影响，换来整体 QoS 满意率的提升。这种方法是一种过载消极影响大家分担的策略。

- (2) 释放一些优先级太高、占用资源太多的业务。

当系统过载时，部分业务的 ARP (Allocation and Retention Priority, 分配保留优先级) 大于过载控制的 ARP 门限，占用过多系统资源。释放这些业务是一种过载的消极影响由个别人分担的策略。

- (3) 执行严格的准入控制。

小区负荷过载时，新增业务的接入控制需要更严厉一些，同时变更小区重选门限和小区切换门限，让企图重选或者切换到本小区的用户知难而退。



多选题

1. 关于负载均衡的说法，正确的是 ()。

- A. 同时存在超忙小区、超闲小区，需要考虑负载均衡
- B. 超忙小区会使资源利用率升高，所以无须负载均衡
- C. 超闲小区业务质量较好，所以无须负载均衡
- D. 负载均衡就是为了降低超忙小区的利用率、提高超闲小区的利用率，在小区资源利用率和业务质量 (QoS、掉线率) 之间寻找到一个合适的平衡点。

答案：AD

解析：超忙小区导致拥塞率上升、业务质量下降；超闲小区使得资源利用率过低，资源浪费严重。这时就需要考虑负载均衡。负载均衡通过一定的协调，降低超忙小区的利用率，提高超闲小区的利用率，使得小区间负荷分担更加均衡，在小区资源利用率和业务质量 (QoS、掉线率) 之间寻找到一个合适的平衡点。

2. 过载以后，宜采取的动作是 ()。

- A. 业务保证速率 GBR 降速
- B. 释放一些优先级太高、占用资源太多的业务
- C. 停止负载均衡算法
- D. 执行严格的准入控制

答案：ABD

解析：小区负荷过载后，系统就需要启动负载均衡的控制动作，如将业务保证速率下降一定的百分比，释放一些优先级太高、占用资源太多的业务。小区负荷过载时，对新增业务的接入控制需要更严厉一些。过载后，并不能停止负载均衡算法。

1.8 系统消息（MIB 和 SIB）

1.8.1 系统消息的定义

考点介绍

系统消息的定义。

终端 UE 为了能得到网络上各种各样的服务，需要获得当前小区、网络和用户的一些基本特征。这些特征是一些公共的特征，与特定用户无关。这些在空中接口（空口）广播、被当前小区内所有用户都接收的消息称为系统消息。

系统消息（System Information Message）在整个小区内广播，供终端 UE 在 RRC 空闲状态和 RRC 连接状态下获取 eUTRAN 上 NAS 层和 AS 层的信息，用于完成无线通信各类业务和物理过程。网络会给小区中所有 UE 下发配置都完全相同的信息；UE 可获得足够的接入信息，用于小区选择/重选；通过系统消息，网络还可通知 UE 紧急信息，如地震、海啸的告警。



判断题

系统消息可以针对特定用户发送某些特定的消息。（ ）

答案：×

解析：系统消息是与特定用户无关的公共消息，这些消息在空口对小区内所有用户广播、被当前小区内所有用户接收。



单选题

下面关于系统消息的说法不对的是（ ）。

- A. 系统消息在整个小区内广播
- B. 网络给小区中所有 UE 下发的系统消息配置可以不同
- C. UE 从系统消息中可以获取用于小区选择/重选的信息
- D. 网络还可通过系统消息通知 UE 紧急信息，如地震、海啸的告警

答案：B

解析：网络给小区中所有 UE 下发配置都完全相同的系统消息。不会针对小区内不同 UE 配置不同的系统消息。

1.8.2 系统消息的组成

考点介绍

系统消息的组成。

系统消息的下发途径。

LTE 系统消息包括 1 个 MIB (Master Information Block) 和多个 SIB (System Information Block), 如图 1-12 所示。MIB 消息在 PBCH 上广播, SIB 通过 PDSCH 的 RRC (Radio Resource Control) 进行消息下发。

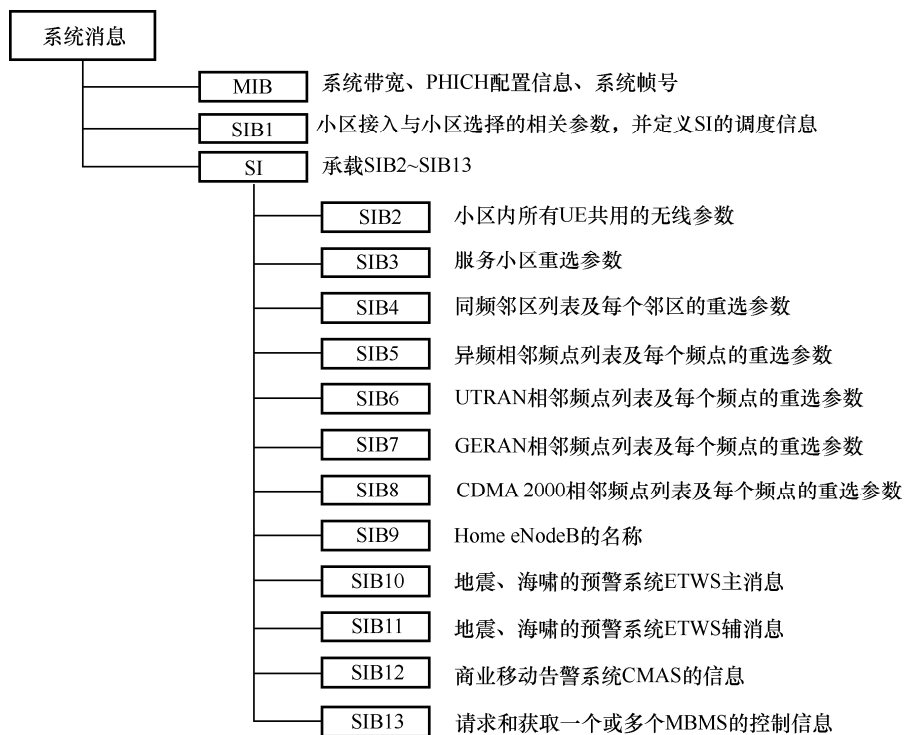


图 1-12 系统消息的组成



填空题

1. LTE 系统消息包括 1 个_____和多个_____。

答案: MIB、SIB

解析: LTE 系统消息包括 1 个 MIB (Master Information Block) 和多个 SIB (System Information Block)。

2. MIB 块承载在_____信道上。

答案: PBCH

解析: MIB 消息在 PBCH 上广播, UE 在下行信道 PBCH 上接收相关广播信息。

3. SIB 块承载在_____信道上。

答案: PDSCH

解析: SIB 在 PDSCH 上发送。



判断题

MIB 和 SIB 均在 BCH 上发送。()

答案: ×

解析：MIB 消息在 PBCH 上广播；SIB 通过 PDSCH 的 RRC 进行消息下发。

1.8.3 系统消息的内容

考点介绍

系统消息 MIB 的内容。

系统消息 SIB 的内容。

MIB 在 PBCH 上传输，包括接入 LTE 系统所需要的有限个最重要、最常用的传输参数，包括下行系统带宽（3 bit，使 UE 可以获得接收带宽）、PHICH 资源指示（3 bit，使 UE 获得 PDCCH 信道占用的控制符号）、系统帧号（SFN）（8 bit，使 UE 获得系统的时间信息）、CRC、使用 mask 的方式、天线数目信息等。

SIB 包含其他必要信息，在 PDSCH 上发送。其中，SIB1 上传输与评估一个 UE 是否允许接入与小区有关的信息，以及其他系统消息块 SIB2~SIB13 的调度信息。在 SIB1 的 Scheduling Info List 中，配置其他系统消息块 SIB2~SIB13 的调度信息。

各系统消息块的内容如表 1-8 所示。

表 1-8 系统消息块的内容

系统消息的组成	系统消息的内容
MIB	系统带宽、PHICH 配置信息、系统帧号
SIB1	小区接入相关信息，并定义了与其他系统消息块调度相关的信息
SIB2	IE SIB2 包含公共共享信道的信息
SIB3	IE SIB3 包含小区重选信息，主要是和服务小区相关的信息
SIB4	IE SIB4 包含小区重选时服务频率和同频相邻小区相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（同频）
SIB5	IE SIB5 包含小区重选时，其他 eUTRAN 频率和频间相邻小区的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（异频）
SIB6	IE SIB6 包含小区重选时，UTRAN 频率和 UTRAN 相邻小区相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（TD、W）
SIB7	IE SIB7 包含小区重选时，与 GERAN 频率相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（GSM）
SIB8	IE SIB8 包含小区重选时，CDMA2000 频率和 CDMA2000 相邻小区相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数
SIB9	Home eNodeB 的名称
SIB10	地震、海啸的预警系统 ETWS 主消息
SIB11	地震、海啸的预警系统 ETWS 辅消息
SIB12	商业移动告警系统 CMAS 的信息
SIB13	请求和获取一个或多个 MBMS 的控制信息



单选题

1. 系统消息（ ）包含小区重选相关的其他 eUTRAN 频点和异频邻区信息。

A. SIB1

B. SIB3

C. SIB4

D. SIB5

答案：D

解析：SIB5 包含小区重选时，其他 eUTRAN 频率和频间相邻小区的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（异频）。

2. 系统消息（ ）包含系统带宽、PHICH 配置信息、系统帧号等信息。

A. MIB B. SIB1 C. SIB4 D. SIB5

答案：A

解析：系统消息 MIB 包含系统带宽、PHICH 配置信息、系统帧号等信息。

3. 系统消息（ ）包含小区接入相关信息，并定义了与其他系统消息调度块相关的信息。

A. MIB B. SIB1 C. SIB4 D. SIB5

答案：B

解析：系统消息 SIB1 包含小区接入相关信息，并定义了与其他系统消息调度块相关的信息。

4. 系统消息（ ）包含小区重选信息，主要是和服务小区相关的信息。

A. MIB B. SIB1 C. SIB3 D. SIB4

答案：C

解析：系统消息 SIB3 包含小区重选信息，主要是和服务小区相关的信息。

5. 系统消息（ ）包含小区重选时，服务频率和同频相邻小区相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（同频）。

A. MIB B. SIB1 C. SIB3 D. SIB4

答案：D

解析：系统消息 SIB4 包含小区重选时，服务频率和同频相邻小区相关的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（同频）。



多选题

1. BCCH 的 SIB 中，始终被激活的 SIB 有（ ）。

A. SIB1 B. SIB2 C. SIB3 D. SIB4
E. SIB5 F. SIB6

答案：ABCD

解析：SI 系统消息中，并不是所有的 SIB 都同时被激活。终端不进行异频小区重选时，不需要 SIB5；不和 CDMA2000 的小区重选时，不需要 SIB8。只有 SIB1、SIB2、SIB3、SIB4 是始终被激活的。

2. 下面哪些系统消息中有关于小区重选的参数。（ ）

A. SIB3 B. SIB5 C. SIB11 D. SIB2

答案：AB

解析：SIB2 中包含公共的共享信道信息；SIB11 包含地震、海啸的预警系统 ETWS 辅消息。SIB3 包含小区重选信息，主要是和服务小区相关的信息；SIB5 包含小区重选时，其他 eUTRAN 频率和频间相邻小区的信息，包括一个频率上公共的重选参数和小区特定的重选参数（异频）。

3. UE 在 RRC_CONNECTED 可以读取的系统消息块有 ()。

A. MIB

B. SIB1

C. SIB2

D. SIB8

答案: ABC

解析: SIB8 在小区重选时, 读取 CDMA2000 频率和 CDMA2000 相邻小区的相关信息。MIB、SIB1、SIB2 是在 RRC_CONNECTED 状态中可以读取的系统消息块。

1.8.4 系统消息的调度

考点介绍

系统消息的调度方式。

MIB 和 SIB1 的静态调度。

SI 的动态调度。

系统消息的调度是指系统消息的每个信息块如何发送, 何时发送。如表 1-9 所示。

表 1-9 系统消息的调度

	调度方式	调度周期	是否重复	第一次传输位置	重复位置
MIB	固定(静态)调度	40ms	40ms 内重复	SFN mod 4=0、#0	其他 SFN、#0
SIB1	固定(静态)调度	80ms	80ms 内重复	SFN mod 8=0、#5	SFN mod 2=0、#5
SI (由多个 SIB 组成的信息块)	动态调度				

1. 静态调度

静态调度是指系统消息的传输是固定在某个子帧上的, 如 MIB、SIB1 的调度方式。

MIB 的调度周期是 40ms, 即 MIB 在 $\text{SFN} \% 4 = 0$ 的时候调度发送, 但在其他帧上会重复发送, 共传输 4 次, 如图 1-13 所示。MIB 占用的物理资源: 时域上, MIB 固定占用 #0 子帧的 slot1 发送。频域上, 占用中间的 6 个 RB。

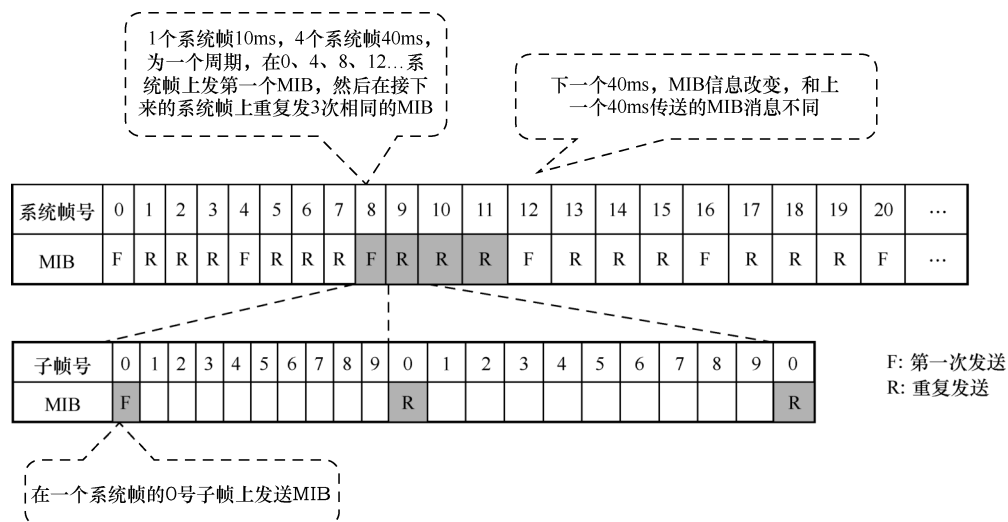


图 1-13 MIB 在时域上的调度

SIB1 的调度周期为 80ms，即在 $\text{SFN}\%8=0$ 处调度发送，但是会在 $\text{SFN}\%2=0$ 处重复发送，也是共传输 4 次，如图 1-14 所示。SIB1 占用的物理资源：时域上，SIB1 占用#5 子帧发送。

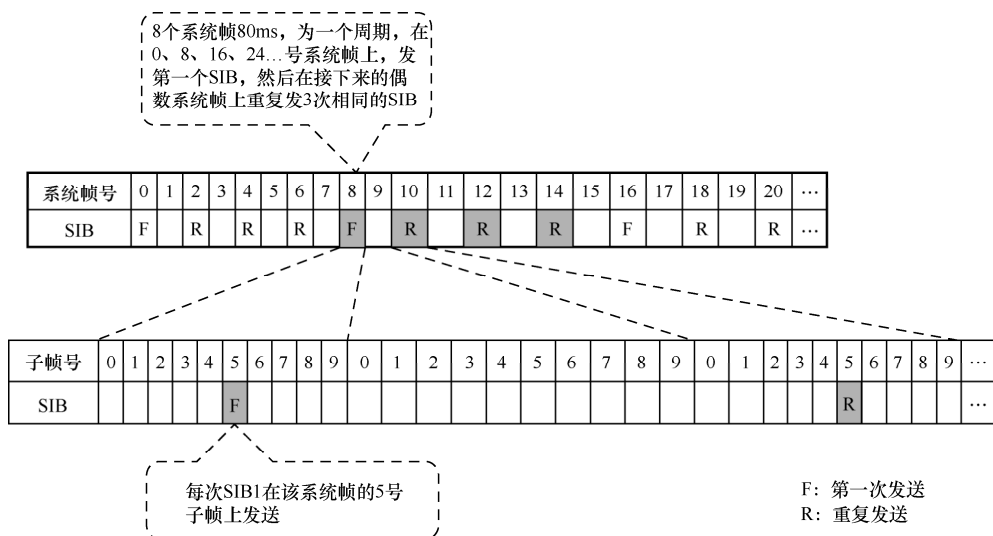


图 1-14 SIB1 在时域上的调度

2. 动态调度

系统消息的动态调度是系统消息的传输，并非固定在某个子帧上，也就是调度周期不定，调度帧号和子帧号也不定。SIB 块在 PDSCH 上发送的位置由 PDCCH 信道上的信息来指定。除 MIB、SIB1 外，其他 SIB（SIB2~SIB13）的调度都是动态调度。



填空题

1. SIB 块在 PDSCH 中的位置由_____指示。

答案：PDCCH

解析：除 MIB、SIB1 外，其他 SIB（SIB2~SIB13）的调度都是动态调度，SIB 块在 PDSCH 上发送的位置由 PDCCH 信道上的信息来指定。



判断题

2. MIB 信息可以动态调度。（ ）

答案：×

解析：MIB 的调度是静态调度，调度周期是固定的 40ms，即 MIB 在系统帧号满足 $\text{SFN}\%4=0$ 的时候发送。



多选题

1. LTE 系统消息中，以下哪些与 MIB 相关。（ ）

A. 承载于 PBCH 上

- B. 包括有限个用于读取小区信息的最重要、最常用的传输参数（系统带宽、系统帧号、PHICH 配置信息）
- C. 时域：紧邻同步信道，以 10ms 为周期，重传 4 次
- D. 频域：位于系统带宽中央的 72 个子载波上

答案：ABCD

解析：MIB 在 PBCH 上传输，包括接入 LTE 系统所需要的有限个最重要、最常用的传输参数，包括下行系统带宽（3 bit，使 UE 可以获得接收带宽）、PHICH 资源指示（3 bit，使 UE 获得 PDCCH 信道占用的控制符号）、系统帧号（SFN）（8 bit，使 UE 获得系统的时间信息）、CRC、使用 mask 的方式、天线数目的信息等。

MIB 的调度周期是 40ms，即 $MIB \text{ 在 } SFN \% 4 = 0 \text{ 的时候调度发送}$ ，但是在其他帧上会重复发送，共传输 4 次。MIB 占用的物理资源：时域上，MIB 固定占用 #0 子帧的 slot1 发送。频域上，占用中间的 6 个 RB，共 72 个子载波。

2. LTE 系统消息中，以下描述正确的是（ ）。

- A. 除 SIB1 以外，SIB2~SIB12 均由 SI（System Information）承载
- B. SIB1 是除 MIB 外最重要的系统消息，固定以 20ms 为周期重传 4 次
- C. SIB1 和所有 SI 消息均传输在 PDSCH 上
- D. SIB1 的传输通过携带 SI-RNTI（一个小区的所有 UE 的 SI-RNTI 是相同的）的 PDCCH 调度完成
- E. SIB1 中的 Scheduling Info List 携带所有 SI 的调度信息，接收 SIB1 以后即可接收其他 SI 消息

答案：ABCDE

解析：除 SIB1 以外，SIB2~SIB12 均由 SI（System Information）承载；SIB1 是除 MIB 外最重要的系统消息，固定以 20ms 为周期重传 4 次；SIB1 和所有 SI 消息均传输在 PDSCH 上；SIB1 的传输通过携带 SI-RNTI（一个小区的所有 UE 的 SI-RNTI 是相同的）的 PDCCH 调度完成；SIB1 中的 Scheduling Info List 携带所有 SI 的调度信息，接收 SIB1 以后即可接收其他 SI 消息。



简答题

UE 在什么情况下听 SIB1 消息？

解答：

SIB1 的调度采用静态调度法，周期是 80ms。

触发 UE 接收 SIB1 有两种方式：一种方式是每周期接收一次，另一种方式是 UE 收到 Paging 消息，由 Paging 消息所含的参数得知系统消息有变化，然后接收 SIB1。

SIB1 消息还会通知 UE 是否继续接收其他 SIB。

1.8.5 系统消息的获取

考点介绍

UE 获取系统消息的几种情况。

一般情况下，终端 UE 在以下几种情况下需要进行系统消息的获取。

- (1) 在开机选择小区的时候，或从另一种无线制式（RAT）进入 LTE 的无线域（eUTRAN）之后进行小区的选择或重选。
- (2) 从丢失覆盖后恢复。
- (3) 收到一个更新通知，系统消息已经改变。
- (4) 超过最长有效时间（6 小时）。



简答题

1. 简述系统广播消息接收的条件和内容。

解答：

广播消息接收场景包含小区选择/小区重选、切换完成、从其他 RAT 进入 eUTRAN、重新进入覆盖区域、收到网络侧更新指示、接收到的广播消息超过最长有效时间。

广播消息接收内容如下。

- (1) RRC_IDLE 状态下：UE 接收 MIB、SIB1、SIB2~SIB8（视终端支持能力定）。
- (2) RRC_CONNECTED 状态下：UE 接收 MIB、SIB1、SIB2。

系统信息不会一成不变。在 UE 侧看来，如果系统信息长时间（6 小时）不变，UE 会尝试重新接收系统信息；对于处于 IDLE 和 CONNECTED 状态的 UE，网络侧也可以通过寻呼来通知 UE 系统广播消息有变化。

2. 终端 UE 插入 SIM 卡后开机，如何知道所在位置有本机支持的系统信号？

解答：

LTE 系统中，UE 加电后按照自己支持制式的优先顺序，如 4G 终端优先支持 LTE，按照终端设置的 LTE 频点次序，搜索信号最强的小区，接收 PBCH（Physical Broadcast Channel）里的 MIB（Master Information Block）信息。它只包含 3 种信息：系统带宽、系统帧号、PHICH 配置信息。有了这些信息后，UE 就可以解析 SIB（System Information Block）信息了。

3. 终端 UE 如何选择签约网络？

解答：

手机首先同步基站下行信号，并接收到 SIB1 信息后解析出 PLMN，在 UE 中会维护一个 PLMN 列表，这些列表是按照优先级排列的，然后从高优先级向下搜索找到最高级的 PLMN。

1.9 UE 状态及状态的迁移

关于 LTE 终端 UE 的状态种类有两种说法：

一种说法是 2 种：空闲态和激活态。另一种说法是 3 种：去附着态、空闲态和激活态。

第一种说法认为，终端 UE 的“去附着态”不算是一种 UE 业务开展中的状态，而是网络注册前的一种状态。

这里按照第二种说法介绍 UE 的状态。

UE 的状态和 RRC 状态、EMM 状态、ECM 状态有区别也有联系，不要混淆。

1.9.1 UE 状态

考点介绍

UE 的几种状态。

UE 状态的各自特点。

终端 UE 在 LTE 系统中有 3 种基本的运行模式：去附着态（LTE_DETACHED）、空闲态（LTE_IDLE）、激活态（LTE_ACTIVE）。

去附着态：终端 UE 开机，但还没有在网络上注册成功时，首先进入的状态就是去附着态。UE 处于去附着态时，移动性处理是开机时选择网络（PLMN 选择）。

空闲态：终端 UE 已注册到网络，网络侧能够确切知道终端 UE 所处的跟踪区（TA）。当这个终端被呼叫的时候，网络侧能在用户最新的跟踪区（TA）范围内进行寻呼，但此时终端处于未激活状态，工作在低功耗模式下，LTE 核心网已经知道终端 UE 的大致位置。如果终端需要建立业务连接，则可以在非常短的时间内切换到激活态进行数据会话。

终端在空闲状态下时，移动性处理包括小区选择（Cell Selection）和小区重选（Cell Reselection）。小区选择、重选过程的目的是始终让空闲状态的终端 UE 驻留在最好的小区，这样可以保证终端 UE 能够正确接收系统消息、寻呼消息，并提高随机接入的成功率。

激活态：终端 UE 处于接收和发送数据时的状态。此时，终端 UE 和网络实际交换数据和信令。当处于激活态的终端 UE 在两个小区间移动时，发生切换。

终端 UE 处于不同状态时，eNodeB 里对应着 RRC 的状态有两种：空闲态（RRC_IDLE）和连接态（RRC_CONNECTED）。终端 UE 处于去附着态（LTE_DETACHED）时，不涉及 RRC 的状态。



判断题

空闲模式下，UE 的移动性管理是由 eNodeB 完成的。（ ）

答案：×

解析：MME 负责控制 UE 在空闲态下的移动性管理，eNodeB 负责控制 UE 在连接态下的移动性管理。



多选题

1. LTE 系统中，终端 UE 的状态包括（ ）。

- | | |
|------------------|-----------------|
| A. LTE_IDLE | B. LTE_DETACHED |
| C. LTE_CONNECTED | D. LTE_ACTIVE |

答案：ABD

解析：终端 UE 在 LTE 系统中有 3 种基本的运行模式：去附着态（LTE_DETACHED）、空闲态（LTE_IDLE）和激活态（LTE_ACTIVE）。UE 的状态在无线侧。没有 LTE_CONNECTED 的叫法。

2. UE 在空闲状态下可能执行的动作有 ()。

- A. 读系统消息
- B. PLMN 及小区的选择和重选
- C. 监听寻呼
- D. 位置更新

答案: ABCD

解析: 在空闲状态下, UE 可执行的动作有读系统消息、小区重选、监听寻呼, 以及位置更新。



简答题

对于空闲态、连接态用户, 网络侧分别存储了哪些位置信息?

解答:

LTE 系统中, 对于空闲态用户, MME 存储了用户的 TAC 信息, eNodeB 没有用户的相关信息。

对于连接态用户, MME 和 eNodeB 都有用户的 TAC 和 CELL 信息, 需要特别注意的是, MME 存的小区信息不如 eNodeB 精确, 由于 4G 网络站内小区间切换, eNodeB 没有信令消息通知 MME。

1.9.2 UE 状态迁移

考点介绍

UE 状态迁移。

如图 1-15 所示, 终端用户开机, 或终端用户从无覆盖区重新回到 LTE 覆盖区时, 完成网络注册和小区重选, 这时终端从去附着态 (LTE_DETACHED) 迁移到空闲态 (LTE_IDLE)。

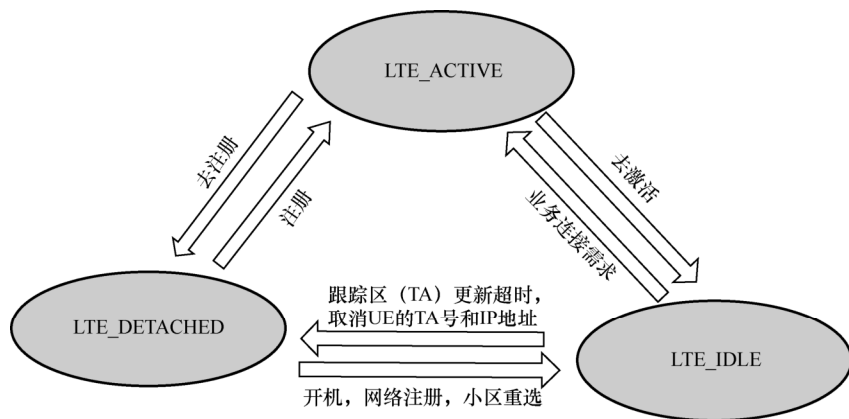


图 1-15 UE 状态迁移

当终端 UE 进行小区重选时, 正好处于 LTE 覆盖范围以外, 终端 UE 无法完成跟踪区 (TA) 的更新过程, 跟踪区必然更新失败, 这时终端 UE 从空闲态 (LTE_IDLE) 转

移到去附着态 (LTE_DETACHED)。

终端在空闲态 (LTE_IDLE) 进入随机接入过程时, 终端会从空闲态 (LTE_IDLE) 转移到激活态 (LTE_ACTIVE)。

当终端 UE 的数据业务交互完毕时, 将从激活态 (LTE_ACTIVE) 迁移到空闲态 (LTE_IDLE)。当终端 UE 进行数据业务时, 脱离服务区, 将从激活态 (LTE_ACTIVE) 迁移到去附着态 (LTE_DETACHED)。当重新进入服务区, 重新完成网络注册, 进行数据业务时, 终端将从去附着态 (LTE_DETACHED) 迁移到激活态 (LTE_ACTIVE)。

LTE 仅有一种 UE 的状态机制就是分组 (PS) 域类型的状态机制。2G 和 3G 系统实际上支持两种类型的 UE 状态机制, 分别是电路 (CS) 类型和分组 (PS) 域。



单选题

1. 终端用户从无覆盖区重新回到 LTE 覆盖区, 完成网络注册和小区重选后的状态是 ()。

- A. 去附着态 (LTE_DETACHED)
- B. 空闲态 (LTE_IDLE)
- C. 激活态 (LTE_ACTIVE)
- D. 注册态 (REGISTERED)

答案: B

解析: 终端用户从无覆盖区重新回到 LTE 覆盖区, 完成网络注册和小区重选, 这时终端从去附着态 (LTE_DETACHED) 迁移到空闲态 (LTE_IDLE)。EMM (EPS 移动性管理状态) 可分为两种状态: 非注册状态和注册态。UE 没有注册态。

2. 终端在空闲态 (LTE_IDLE) 进入随机接入过程时, 终端会从空闲态 (LTE_IDLE) 转移到 ()。

- A. 去附着态 (LTE_DETACHED)
- B. 空闲态 (LTE_IDLE)
- C. 激活态 (LTE_ACTIVE)
- D. 注册态 (REGISTERED)

答案: C

解析: 终端在空闲态 (LTE_IDLE) 进入随机接入过程时, 终端会从空闲态 (LTE_IDLE) 转移到激活态 (LTE_ACTIVE)。

1.10 RRC 状态、EMM 状态和 ECM 状态

1.10.1 RRC 状态

考点介绍

RRC 状态及状态迁移。

LTE 中有两种 RRC 状态: 分别为空闲态 (RRC_IDLE) 和连接态 (RRC_CONNECTED)。

从 UE 开机到选择驻留小区, 一直处于 RRC_IDLE 状态。当 UE 完成附着, 则 UE 进入 RRC_CONNECTED 状态。UE 发送建立 RRC 连接请求, UE 从空闲态转 RRC 连接态。

RRC 连接在网络发送了 RRC 释放消息后可以回到空闲 (RRC_IDLE) 态。RRC 连接释放消息里会带有释放的原因。进入 IDLE 必然释放 RRC 连接和 DRB 承载, SRB 不一定释放。有些信令本身就承载在 SRB 上。



填空题

LTE 系统中, RRC 状态有_____和_____。

答案: RRC_IDLE、RRC_CONNECTED

解析: 无线侧对应着 RRC 的状态有两种: 空闲态 (RRC_IDLE)、连接态 (RRC_CONNECTED)。



判断题

LTE 系统中, RRC 状态有连接状态、空闲状态和休眠状态三种类型。 ()

答案: ×

解析: 无线侧对应着 RRC 的状态有两种: 空闲态 (RRC_IDLE)、连接态 (RRC_CONNECTED)。



单选题

UE 处于 RRC_CONNECTED 时, eUTRAN 通过 () 消息下发测量配置。

- A. RRC Connection Reconfiguration
- B. RRC Connection Setup
- C. RRC Connection Reestablishment Request

答案: A

解析: UE 处于连接态的时候, eUTRAN 通过 RRC Connection Reconfiguration 消息下发测量配置。



多选题

LTE 系统的 eNodeB 中, RRC 的状态包括 ()。

- A. RRC_IDLE
- B. RRC_DETACH
- C. RRC_CONNECTED
- D. RRC_ATTACH

答案: AC

解析: 在基站侧, RRC 的状态包括两种: 空闲态 (RRC_IDLE) 和连接态 (RRC_CONNECTED)。

1.10.2 EMM 状态

考点介绍

EMM 状态及状态迁移。

在 LTE 中，以终端是否在 MME 中完成注册，EMM（EPS 移动性管理状态）可分为两种：EMM_DEREGISTERED（非注册）状态和 EMM_REGISTERED（注册）状态。这个状态是 UE 与 MME 之间的状态。过程的标识是终端是否完成 ATTACH 或 TAU 的过程。

在处于 EMM_DEREGISTERED 状态的 MME 中的 EMM 上下文中，没有 UE 有效的位置或路由信息。UE 在 MME 中是不可及的，因为系统不知道 UE 的位置信息。

用户通过 eUTRAN 或者 GERAN/UTRAN 进行成功的附着后或完成了 TAU 过程，UE 就进入 EMM_REGISTERED 状态。在 EMM_REGISTERED 状态，UE 就可以正常使用业务了。



多选题

1. EPC 移动性管理定义了两个状态，分别是（ ）。

- | | |
|---------------------|-------------------|
| A. EMM_DEREGISTERED | B. ECM_IDLE |
| C. ECM_CONNECTED | D. EMM_REGISTERED |

答案：AD

解析：EPC 移动性管理的状态分为两个：注册态和去注册态。

2. LTE/EPC 网络中，手机完成初始化附着后，移动性管理状态为（ ）。

- | | |
|-------------------|------------------|
| A. EMM_REGISTERED | B. ECM_CONNECTED |
| C. ECM_ACTIVE | D. EMM_ACTIVE |

答案：A

解析：这里不是 UE 的状态，而是移动性管理的状态。手机完成初始化附着后，移动性管理状态是 EMM_REGISTERED。

1.10.3 ECM 状态

考 点 介 绍

ECM 状态及状态迁移。

LTE 中，ECM（EPS Connection Management）连接指的是 UE 与 EPC 之间的连接。根据 UE 和 EPC 之间是否建立了 NAS 信令连接，可分为两种状态：ECM_IDLE 和 ECM_CONNECTED。

如果 UE 和网络间没有 NAS 信令连接，则 UE 就处于 ECM_IDLE 状态。在 ECM_IDLE 状态，UE 可以执行小区选择/重选，或者进行 PLMN 选择。ECM_IDLE 状态的 UE 在 eUTRAN 中是没有 UE 上下文的，此时既没有 S1_MME 连接，也没有 S1_U 连接。

UE 和 MME 间的信令连接建立了之后，UE 和 MME 都进入 ECM_CONNECTED 状态。触发用户的状态从 ECM_IDLE 向 ECM_CONNECTED 转变的起始 NAS 消息有：附着请求、TAU 请求、业务请求或去附着请求。

如果 UE 是在 ECM_IDLE 状态，则 UE 和网络有可能处于不同步的状态，即 UE 和网

络可能有不同的已经建立的 EPS 承载的集合。一旦 UE 和 MME 都进入 ECM_CONNECTED 状态, UE 和网络中的 EPS 承载集合就同步了。

在 ECM_CONNECTED 状态, MME 中的 UE 位置信息能够准确到服务的 eNodeB 的范围内。在此状态下, UE 可以执行切换程序。



单选题

在 LTE/EPC 网络中, 手机完成业务请求后, UE 与 EPC 之间连接的状态为 ()。

- A. EMM_REGISTERED
- B. ECM_CONNECTED
- C. ECM_IDLE
- D. ECM_ACTIVE

答案: B

解析: 手机有数据要发或网络侧有数据要发给手机, 触发手机完成业务请求并进入连接态, 以便手机可以进行数据发送和接收。手机完成业务请求后, 网络中进入连接态, UE 与 EPC 之间连接的状态为 ECM_CONNECTED。

1.10.4 RRC 状态和 ECM 状态的区别

考 点 介 绍

RRC 状态和 ECM 状态的区别。

RRC 状态指空中接口的层 3 状态, ECM 状态是 NAS 的连接状态。RRC 状态是 AS 层的, ECM 状态是 NAS 层的, 两者有联系, 但不在同一个层面上。

RRC 状态终结在 UE 和 eNodeB 上, 判断标准是 RRC 连接是否建立; ECM 状态终结在 UE 和 MME 上, 判断标准是 UE 和 MME 之间的信令连接是否建立。

由于 NAS 信令是包含在 RRC 信令中的, NAS 信令连接并不像 RRC 连接那样有一个显式的建立过程, 所以对于 UE, 可以认为两者是等价的, 即 RRC 连接之后, UE 就进入 RRC_CONNECTED 和 ECM_CONNECTED 状态; RRC 连接释放后, UE 就进入了 RRC_IDLE 和 ECM_IDLE 状态。



多选题

关于 RRC 状态和 ECM 状态, 描述正确的有 ()。

- A. RRC 连接是否建立可以作为 RRC 和 ECM 进入连接态的判断标准
- B. RRC 状态是 AS 层的, ECM 状态是 NAS 层的
- C. 由于 NAS 信令包含在 RRC 信令中, 对于 UE, RRC 状态和 ECM 状态是等价的
- D. RRC 状态指空中接口的层 3 状态, ECM 状态是 NAS 的连接状态, 二者有联系也有区别

答案: BCD

解析: RRC 连接是否建立, 仅是 RRC 状态的判断标准, ECM 状态的判断标准是 UE 和 MME 之间的信令连接是否建立。

1.11 小区选择和小区重选

1.11.1 小区选择

考 点 介 绍

小区选择的触发条件。

小区选择的 S 准则。

3 种情况下需要进行小区选择：UE 开机、从连接态返回到空闲态模式、重新进入服务区。根据是否有以前小区的相关信息，可以分为初始小区选择和存储信息的小区选择。

UE 进行小区选择时，需要判断是否满足小区的选择规则。小区选择规则的基础是 eUTRAN 小区参考信号的接收功率测量值，即 RSRP。

驻留小区的条件要求符合小区选择的 S 准则： $S_{rxlev} > 0$ 。

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset}) - P_{compensation}$$

$$P_{compensation} = \max(P_{Max} - UE \text{ Maximum Outpower}, 0)$$

各参数含义如下。

S_{rxlev} ：小区选择 S 值，单位为 dB。

$Q_{rxlevmeas}$ ：测量小区的 RSRP 值，单位为 dBm。

$Q_{rxlevmin}$ ：小区最低接收电平，单位为 dBm，目前移动集团规定为 -128（该参数可影响用户接入）。

$Q_{rxlevminoffset}$ ：小区最低接收电平偏置，用来减少 PLMN 之间的乒乓选择。

P_{Max} ：UE 在小区中允许的最大上行发射功率。

UE Maximum Outpower：UE 的最大上行发射功率取决于 UE 的能力。

1) UE 的最大允许发射功率

UE 的最大上行发射功率 P_{Max} 取决于 eNodeB 的小区能力，用于计算功率补偿值。如果不配置该参数，则 UE 的最大发射功率由 UE 自己的能力决定。该参数设置得越高，UE 的发射功率就越大，增大本小区覆盖面的同时，会增加对邻区的干扰；该参数设置得越低，UE 的发射功率就越小，减小本小区覆盖面的同时，会减小对邻区的干扰。

2) 小区中 RSRP 最低接收电平

增加某小区的该值，使得该小区更难符合 S 准则，更难成为适当小区，UE 选择该小区的难度增加；反之亦然。该参数的取值，应使得被选定的小区能够满足基础类业务的信号质量要求。

3) 最低接收电平偏置

小区最低接收电平偏置应用于 S 准则公式，仅当 UE 驻留在拜访 PLMN，且由于周期性地搜索高优先级 PLMN，频繁地触发小区选择时才使用本参数（防止乒乓效应）。增加某小区的该值，使得该小区更容易符合 S 规则，更容易成为适当小区，选择该小区的难度减小；反之选择该小区的难度增大。



简答题

选择小区驻留的规则是什么？小区选择的相关参数有哪些？

解答：

UE 进行小区选择时，需要判断小区是否满足小区选择的 S 准则： $S_{rxlev} > 0$ 。

小区选择的测量值是小区参考信号的接收功率，即 RSRP。

S 准则：

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset}) - P_{compensation};$$

$$P_{compensation} = \max(P_{Max} - UE \text{ Maximum Outpower}, 0)$$

各参数含义如下。

- (1) S_{rxlev} ：小区选择 S 值，单位为 dB。
- (2) $Q_{rxlevmeas}$ ：测量小区的 RSRP 值，单位为 dBm。
- (3) $Q_{rxlevmin}$ ：小区最低接收电平，单位为 dBm。
- (4) $Q_{rxlevminoffset}$ ：用来减少 PLMN 之间的乒乓选择，此参数只在 UE 驻留在拜访 PLMN 时，周期性地搜寻更高级别的 PLMN 时使用。
- (5) P_{Max} ：UE 在小区中允许的最大上行发射功率。
- (6) UE Maximum Outpower：UE 的最大上行发射功率，取决于 UE 的能力。

1.11.2 小区重选

考 点 介 绍

小区重选的触发条件。

重选测量启动准则。

小区排序 R 准则。

小区重选 (Cell Reselection) 是指 UE 在空闲模式下，通过监测邻区和当前小区的信号质量，来选择一个最好的小区提供服务信号的过程。

当邻区的信号质量及电平满足 S 准则，并且满足一定的重选判决准则时，终端将接入该小区驻留。

UE 驻留到合适的 LTE 小区停留 1s 后就可以进行小区重选过程。

小区重选过程包括测量和重选两部分，终端根据网络配置的相关参数，在满足条件时发起相应的流程。

为了最大化 UE 的电池寿命，UE 不需要在所有时刻都进行频繁的邻区监测（测量），除非服务小区的信号质量下降为低于规定的门限值。

重选测量启动准则：UE 成功驻留后，将持续进行本小区测量。RRC 层根据 RSRP 测量结果计算 S_{rxlev} ，并且将其与 $S_{intrasearch}$ 和 $S_{nonintrasearch}$ 比较，作为是否启动邻区测量的判决条件。

对于重选优先级高于服务小区的载频，UE 始终对其测量。

具体来说，仅当服务小区的参数 S (S 值的计算方法与小区选择时一致) 大于系统广播参数 $S_{intrasearch}$ 时，UE 才启动同频测量。

$S_{intrasearch}$ 用于进行同频小区重选时，判断是否进行同频小区重选的门限参数。当 LTE

服务小区的 S 值小于等于 $S_{\text{intrasearch}}$ 时,就要执行同频小区重选测量;如果此 $S_{\text{intrasearch}}$ 参数没有在系统消息内广播,则也要执行同频小区重选测量。除此之外,UE 可以选择不进行测量。

小区排序使用 R 准则:对于同频小区,或者异频但具有同等优先级的小区,UE 采用 R 准则对小区进行重选排序。

所谓 R 准则,是指对于服务小区的 R_s 和目标小区的 R_t 分别满足:

服务小区: $R_s = Q_{\text{meas},s} + Q_{\text{hyst}}$

目标小区: $R_t = Q_{\text{meas},t} - Q_{\text{offset}}$

其中, Q_{meas} 是测量小区的 RSRP 值。 Q_{hyst} 表示小区重选迟滞值,同频小区和同优先级小区重选迟滞,用于调整重选的难易程度,减弱乒乓效应。在其他参数一定的情况下,增加迟滞,即增加同频小区或异频同优先级重选的难度,反之亦然。 $Q_{\text{meas},t}$ 是目标小区的 RSRP 值。 Q_{offset} 定义了目标小区的偏移值(目标候选小区与当前驻留小区间的偏置量)。对于具有同等优先级的异频小区来说,包括基于小区的偏移值和基于频率的偏移值两部分。在其他参数一定的情况下,增加偏置量,即增加同频或异频同优先级小区重选的难度,反之亦然。

如果目标小区在 $T_{\text{reselction}}$ 时间内(同频和异频的 $T_{\text{reselction}}$ 可能不同), R_t 持续超过 R_s ,那么 UE 就会重选到目标小区。

与小区重选有关的参数来源于服务小区的系统消息 SIB3、SIB4 和 SIB5。

同频小区重选的对象可以是邻区列表中的小区,也可以是通过重选过程检测到的小区。



填空题

1. 处于 RRC_IDLE 状态下的 UE 可进行_____和_____。

答案: 小区选择、小区重选

解析:处于 RRC_IDLE 状态下的 UE 状态也为空闲态。移动性处理包括小区选择(Cell Selection)和小区重选(Cell Reselection)。小区选择的目的是让空闲态用户驻留在一个合适的小区,重选的目的是始终让空闲态用户驻留在一个最好的小区,这样可以保证终端 UE 能够正确接收系统消息、寻呼消息,并提高随机接入的成功率。

2. UE 在无线连接态 RRC_CONNECTED 时,从一个小区移向另一个小区,源小区的信号越来越弱,为使业务连续不中断,需要将终端从源小区切换到目标小区,继续享受网络提供的服务,该过程称为_____;而 UE 在 RRC_IDLE 态从一个小区移向另一个小区所进行的过程叫做_____。

答案: 切换过程、重选过程

解析:切换过程是 UE 在无线连接态 RRC_CONNECTED,从一个小区移向另一个小区时发生的;重选过程是 UE 在 RRC_IDLE 态,从一个小区移向另一个小区所进行的过程。



简答题

1. 简述 LTE 小区重选的定义及分类。

小区重选指 UE 在空闲模式下,通过监测邻区和当前小区的信号质量,选择一个最

好的小区提供服务信号的过程。

当邻区的信号质量及电平满足 S 准则，且满足一定的重选判决准则时，终端将接入该小区驻留。UE 驻留到合适的小区停留 1s 后，就可以进行小区重选过程。

小区重选过程包括测量和重选两部分，终端根据网络配置的相关参数，在满足条件时发起相应的流程。

重选的分类如下。

(1) 系统内小区测量和重选。

① 同频小区测量和重选。

② 异频小区测量和重选。

(2) 系统间小区测量和重选。

2. 简述 LTE 中小小区重选优先级的概念。

解答：

与 2G/3G 网络不同，LTE 系统中引入了重选优先级的概念。

在 LTE 系统中，网络可配置不同频点或频率组的优先级。通过广播在系统消息中告诉 UE，对应参数为 Cell Reselection Priority（小区重选优先级），取值为 0~7（注：0 优先级最低）。

优先级配置单位是频点，因此在相同载频的不同小区具有相同的优先级。

通过配置各频点的优先级，网络能方便地引导终端重选到高优先级的小区驻留，以均衡网络负荷，提升资源利用率，保障 UE 的信号质量等。

重选优先级可以通过广播消息，也可以通过 RRC Connection Release 消息告诉 UE。当基站通过 RRC Connection Release 消息告诉 UE 的时候，UE 将忽略广播消息中的优先级信息，以该信息为准。

3. 终端 UE_IDLE 时，如何合适的小区？

解答：

LTE 系统中，使用小区重选（Cell Reselection）。

LTE 小区重选分为同系统内的同频、异频重选，以及异系统重选。

(1) LTE 小区同频重选没有优先级的概念。异频和异系统重选有高优先级的小区重选和低优先级的小区重选。

(2) 向高优先级的小区重选时，只要高优先级的小区门限超过一定门限值，而不管本小区信号如何，终端都要向高优先级小区进行重选。

(3) 向低优先级的小区重选时，需要本小区的信号质量低于一定门限值，低优先级小区的信号质量高于一定门限值时才能发生重选。

(4) 小区重选的步骤：启动测量→计算、评估→排序→重选。

4. 终端 UE 通话时，如何合适的小区？

解答：

LTE 系统中，使用小区切换（Cell Handover）。

UE 在 ECM_CONNECTED 状态下，根据 eNodeB 下发的测量控制信息进行邻区信号测量，在满足测量报告规则时，上报测量报告给 eNodeB，eNodeB 依照数据库设置，在满足相关切换事件条件时，触发切换。

切换有 2 种方式，即基于 X2 的切换和基于 S1 的切换。

5. 在 LTE 网络中，2G/3G 重定向的定义是什么？重定向与重选的区别是什么？

解答：

(1) 重定向。

重定向是一种实现 UE 转移的策略，也是切换过程的一种替代实现方式。当需要执行切换过程时，若由于设备原因导致无法实现切换过程，则 eNodeB 通过给 UE 下发 RRC Connection Release 消息，同时携带异频或异系统邻区的频点，让 UE 到异频或异系统邻区发起随机接入并重新进行业务，从而达到 UE 在小区间转移的目的。重定向方式省略了向邻区发出切换请求的过程。

非切换原因触发的重定向包括基于负载控制（eNodeB 过载）的重定向、基于 MME 过载的重定向和基于 S1 故障的重定向。

非切换原因触发的重定向通常处于紧急情况，希望将 UE 尽快转移，所以重定向之前并未启动测量，直接采用盲重定向方式，即非切换原因触发的重定向都是盲重定向。

（2）重选。

小区重选是由 UE 终端主动发起的。UE 根据当前服务小区广播消息中配置的相关参数，在满足条件时，发起重选流程，进行小区重选，从而使 UE 进入更合适的小区。

（3）区别。

重定向是由网络侧判决进行的，重选是 UE 终端主动发起的；重选时，UE 处于非连接态，重定向时，UE 处于连接态。

第 2 章 LTE 信令与协议

2.1 eUTRAN 的主要接口和协议栈

考 点 介 绍

LTE 网络的主要接口。
协议栈的分层模型。
用户面和控制面的分离。

接口的实质是网元之间的信息交互方式。既然是网元之间的信息交互，那么网元就必须使用相互间能够说得清、听得懂、无歧义的语言，这就是接口协议。LTE 对各个接口协议有着近乎完美的标准化定义。

LTE 网络的主要接口有核心网 EPC 与无线接入网 eUTRAN 之间的 S1 接口、eUTRAN 与终端 UE 之间的 LTE-Uu 接口，以及 eUTRAN 内部各个基站 eNodeB 之间协调工作的 X2 接口。如图 2-1 所示。

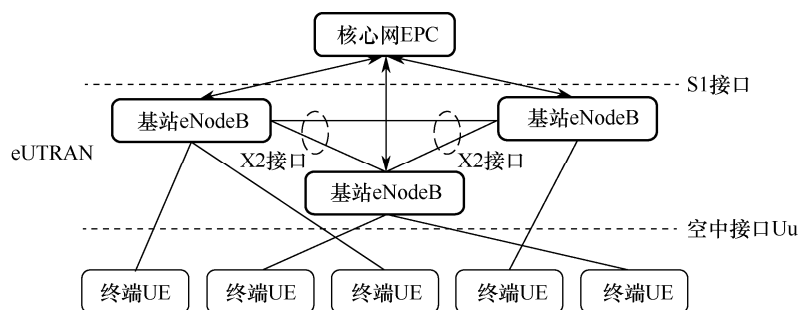


图 2-1 LTE 网络的主要接口

接口的另外一个重要作用是各个网元之间的职能划分，或者说各网元的职责分工需要接口的良好支撑，才能正常地配合完成用户所需要的各项服务。

与传统 2G/3G 网络不同，由于 LTE 网络结构层级的减少，核心网与无线接入网之间的职能划分也需要对应调整，具体如图 2-2 所示。

既然是接口，势必涉及具体的物理连接方式。为了实现可以适应不同的物理连接方式，并且可以完成各个接口的逻辑功能要求，除了标准化语言之外，还需要对各个接口的协议进行结构化分层设计，每一层只负责完成该层的任务。

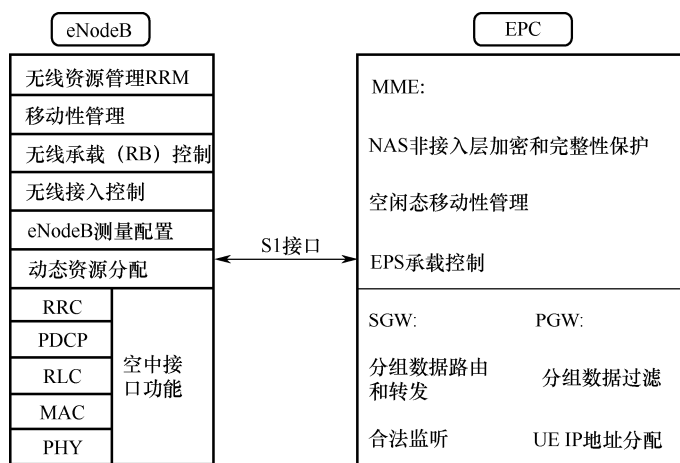


图 2-2 LTE 无线接入网与核心网之间的职能划分

高层使用低层所提供的服务、低层为高层提供服务，接口协议的架构一般称为协议栈。

与 OSI 的标准 7 层协议及 TCP/IP 的 4 层协议类似，LTE 网络中的接口协议可以粗略地分为物理层（Physical Layer, PHY）、数据链路层（Data Link Layer, DLL）和网络层（Network Layer, NL），有时也简单称为层 1（L1）、层 2（L2）、层 3（L3）。

层 1 的主要功能是提供两个物理实体间可靠比特流的传送、适配传输媒介。

层 2 的主要功能是信道复用和解复用、数据格式的封装、数据包的调度等，完成具有个性的业务数据，向没有个性的通用数据帧转换，以便通过层 1 完成实际传送。

层 3 的主要功能则是寻址、路由选择、连接的建立和控制、资源的配置策略等。

eUTRAN 和 UTRAN 的层次结构类似，但为了简化网络结构、缩短处理时延和更灵活的承载业务，eUTRAN 接口协议栈的部分功能由层 3 转移到层 2，例如：

- （1）动态资源管理和 QoS 保证功能转移到 MAC（媒体接入控制）层。
- （2）不连续发射 DTX/不连续接收 DRX 控制转移到 MAC 层。
- （3）业务量测量和上报同样由 MAC 层完成。
- （4）控制面的安全性（加密）和完整性保护转移到 PDCP。

从 3G 开始，为了适应高速数据业务要求、提升系统效率和用户体验，对用户面和控制面进行了分离。发展到全 IP 的 LTE 网络，这一理念得到了更为彻底的贯彻。

与人类社会的分工相比，用户面和控制面分别相当于组织里面的业务线和管理线：业务线负责实际干活（劳力者）；管理线负责人力、物力、财力的协调和控制（劳心者）。具体到 LTE 网络，则是用户面负责业务数据的传送和处理，而控制面负责协调和控制信令的传送和处理。需要注意的是，用户面和控制面都是逻辑上的概念。

由于物理层的功能非常清晰、简单，所以在该层不区分用户面和控制面。而到了层 2，数据处理功能开始区分用户面和控制面。到了层 3，用户面和控制面分别由不同的功能实体（甚至是不同的物理实体）完成。

综上所述可以得出，LTE 网络接口协议栈的两面三层通用模型如图 2-3 所示。

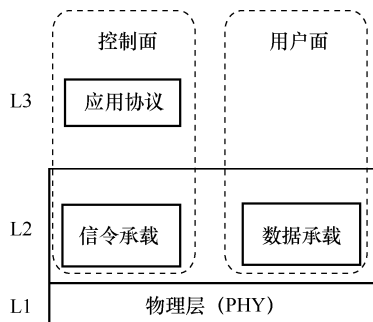


图 2-3 LTE 接口协议栈的通用模型



判断题

LTE 网络中，网元之间的信令交互是受到加密和完整性保护的，而用户面数据由于流量较大且对网络的重要性不如信令数据，故使用的是不可靠链接，在传输过程中不进行加密或完整性保护。（ ）

答案：×

解析：LTE 中，PDCP 子层支持用户和控制面协议的加密和解密，用户面的数据也需要进行加密。



单选题

1. 以下哪个协议层负责资源调度的功能。（ ）

A. PDCP

B. MAC

C. RRC

D. RLC

答案：B

解析：LTE 的无线资源调度就是无线资源的分配方式，是基站 eNodeB 的一项核心功能，位于 eNodeB 的 MAC 子层。

2. 以下协议中的（ ）负责 HARQ 及调度功能。

A. PDCP

B. MAC

C. RRC

D. RLC

答案：B

解析：LTE 的 HARQ 及调度功能在 MAC 层中实现。

3. 以下协议中的（ ）负责用户面数据加密功能。

A. PDCP

B. MAC

C. RRC

D. RLC

答案：A

解析：用户面数据加密功能由 PDCP 负责。

4. 在 LTE 系统协议中，RLC 层对数据进行（ ）。

A. 压缩加密

B. 分段

C. 映射

D. 调制

答案：B

解析：RLC 层对数据进行分段。压缩加密在 PDCP 中进行，MAC 层实现逻辑信道到传输信道的映射，完成调制方式和编码速率。

5. 在 LTE 中，应用层速率、PDCP 层速率、MAC 层速率和物理层速率中值最大的是（ ）。

A. 应用层速率 B. PDCP 层速率 C. MAC 层速率 D. 物理层速率

答案：D

解析：除有用数据以外，物理层速率还包括以上各层协议添加的协议头和控制信息，因此其速率最大。



多选题

1. LTE 系统中 eUTRAN 主要接口有哪些（ ）。

A. S1 接口 B. X2 接口 C. Uu 接口 D. X1 接口 E. S2 接口

答案：ABC

解析：eUTRAN 主要接口及功能如下。

(1) S1 接口。该接口用来连接 eUTRAN 与 CN。

(2) X2 接口。该接口用来实现 eNodeB 之间的互连。

(3) LTE-Uu 接口。该接口是 eUTRAN 的无线接口。

2. 关于 LTE 网络整体结构，哪些说法是正确的？（ ）

A. eUTRAN 用 eNodeB 替代原有的 RNC-NodeB 结构

B. 各网络节点之间的接口使用 IP 传输

C. 通过 IMS 承载综合业务

D. eNodeB 间新增 S1 接口

答案：ABC

解析：eNodeB 之间的接口是 X2 接口，不是 S1 接口，所以 D 不对。

2.1.1 空中接口 Uu

考点介绍

空中接口的协议栈模型。

空中接口的控制面功能。

LTE 空中接口的协议栈如图 2-4 所示。

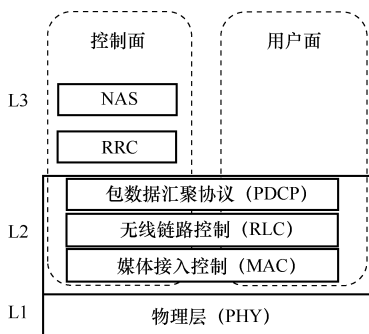


图 2-4 LTE 空中接口的协议栈结构

由于 LTE 中仅有 PS 域，所以空中接口协议栈结构非常清晰、简洁，呈现典型的两

面三层结构。

层 2 的协议模块主要包括 PDCP (Packet Data Convergence Protocol, 分组数据汇聚协议)、RLC (Radio Link Control, 无线链路控制) 和 MAC (Medium Access Control, 媒体接入控制), 各模块的主要功能如图 2-5 所示。

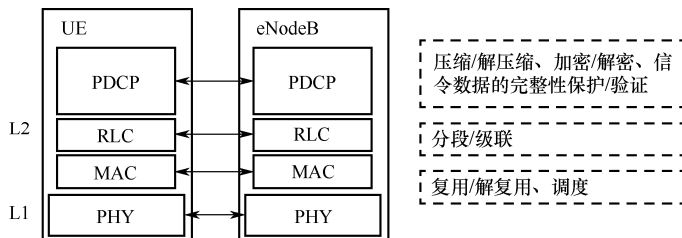


图 2-5 LTE 空中接口层 2 各模块的功能

需要注意的是, 由于控制信令对数据完整性的要求更高, 所以控制面层 2 的 PDCP 模块除了压缩/解压缩、加密/解密之外, 还要完成控制信令的数据完整性保护和完整性验证功能。

控制面层 3 有两个模块: NAS (Non Access Stratum, 非接入层) 和 RRC (Radio Resource Control, 无线资源控制)。

前文说过, NAS 信令是 UE 和 MME 之间交互的信令, 主要承载的是 SAE 控制信息、移动性管理信息、安全机制配置和控制等内容, eNodeB 只负责其透明传输, 不做任何解析。

RRC 除了透明传输 NAS 消息外, 还携带建立、修改和释放层 2 及层 1 协议实体所需的全部参数。UE 和 eNodeB 在承载业务之前, 先要建立 RRC 连接。

RRC 模块的主要功能有系统信息的广播、寻呼、RRC 连接管理、无线资源控制、移动性管理 (包括 UE 测量控制和测量报告的准备和上报、LTE 系统内切换及 LTE 和其他无线制式的系统间切换) 等。



单选题

1. 下面不属于用户面协议的是 ()。

- A. RLC B. GTPU C. RRC D. UDP

答案: C

解析: RRC 属于空口控制面协议, 不属于用户面协议。

2. 控制面 RRC 协议数据的加/解密和完整性保护功能, 在 LTE 中交由 () 层完成。

- A. RLC B. MAC C. PHY D. PDCP

答案: D

解析: 压缩加密在 PDCP 进行。



多选题

1. LTE 空中接口协议栈控制面部分包括 ()。

- A. PHY B. MAC C. RLC D. PDCP E. RRC

答案：ABCDE

解析：LTE 空中接口协议栈控制面部分包括 3 层：L1 层是物理层 PHY；L2 层包括 MAC、RLC、PDCP；L3 层包括 RRC。

2. LTE RLC 层的功能包括（ ）。

- A. 分段 B. ARQ (Automatic Repeat Request) C. 级联
D. 冗余检测 E. 加/解密

答案：ABCD

解析：加/解密属于 PDCP 的功能。RLC 的功能包括分段、ARQ、级联和冗余检测。

3. 下列属于 MAC 层功能的是（ ）。

- A. 数据分段 B. 逻辑信道和传输信道间的映射
C. 基于 HARQ 的错误修正 D. 逻辑信道数据的传输复用

答案：BCD

解析：数据分段属于 RLC 层的功能。MAC 层的功能包括逻辑信道和传输信道间的映射、基于 HARQ 的错误修正、逻辑信道数据的传输复用。

4. LTE 系统的 L2 (Layer 2) 包括哪几个子层？（ ）

- A. PDCP B. RLC C. MAC D. RRC

答案：ABC

解析：RRC 属于 L3 层，PDCP、RLC、MAC 属于 L2 层。

2.1.2 X2 接口

考 点 介 绍

X2 接口的作用。

X2 协议栈的结构。

由于 LTE 网络结构的扁平化，取消了 2G/3G 网络中的无线接入网集中控制网元 (BSC/RNC)。2G/3G 中 BSC/RNC 的功能被核心网和基站分别承接。

X2 接口是 LTE 网络结构扁平化的一个重要体现。在 UE 连接状态的移动过程中，用户面数据需要在相邻 eNodeB 之间转发；同时控制面也需要完成 UE 在不同 eNodeB 之间的切换时，所需的移动性管理职能。这些就是 X2 接口的作用。

由于用户数据和信令消息对传输的时延、可靠性、吞吐量有着差异很大的要求，X2 接口的用户面和控制面采用了不同的设计。用户面提供了业务数据的基于 IP 传输的不可靠链接，而控制面则提供了信令消息的基于 IP 传输的可靠链接。

具体协议栈结构如图 2-6 和图 2-7 所示。

X2 接口的传送网络基于 IP 传输。X2 接口的 IP 协议层之上采用 GTP-U 来传输 eNodeB 之间的分组数据单元 (PDU)。X2 接口的控制面应用层协议称为 X2-AP。

除了上述移动性管理之外，X2 接口的控制面还可以对各个 eNodeB 的资源状态、负荷状态等进行监控，结合移动性管理实现各 eNodeB 的负载均衡、负荷控制或准入控制等。此外，X2 连接本身的建立、复位及 eNodeB 配置更新等接口管理工作也是控制面需要完成的职能。

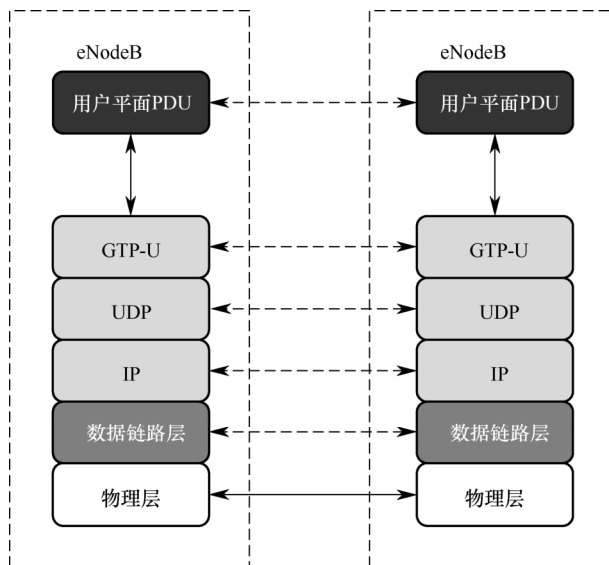


图 2-6 X2 接口用户面协议

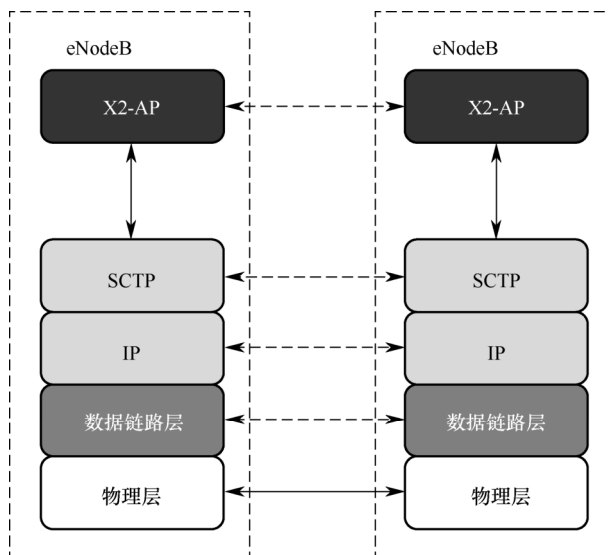


图 2-7 X2 接口控制面协议

为了在 IP 网络上实现可靠的信令消息的传输，X2 接口控制面的层 3 采用了 SCTP 协议（Streaming Control Transport Protocol，流控制传输协议）。该协议的设计目的就是为了解决 IP 网络在传输信令消息时所面临的可靠性不足、时延等问题。



填空题

基站之间通过_____接口来传送高干扰指示和过载指示。

答案：X2

答：基站之间通过 X2 接口来传送高干扰指示 HII 和过载指示 OI。



单选题

1. 在 LTE 网络结构中, eNodeB 之间可以配置接口, 从而实现移动性管理, 该接口名称是 ()。

A. S1

B. S2

C. X1

D. X2

答案: D

解析: X2 接口控制平面的功能主要包括 UE 在 eNodeB 之间的移动性管理功能、多小区之间无线资源管理功能、常规的 X2 接口管理功能和错误处理功能。

2. LTE 系统中, X2 接口是 eNodeB 与下面哪个网元的接口? ()

A. MME

B. eNodeB

C. RNC

D. SGSN

答案: B

解析: X2 接口是 eNodeB 和 eNodeB 之间的接口。

3. X2-AP 层消息应使用 () 编码。

A. ASN.1

B. Turbo

C. 卷积编码

D. 分组编码

答案: A

解析: X2-AP 层消息应使用 ASN.1 编码。



多选题

下列选项中, X2 接口不支持 ()。

A. 漫游和区域限制功能

B. 小区间干扰协调

C. 流量控制和拥塞控制功能

D. 负荷管理

答案: AC

解析: X2 接口支持小区间干扰协调和负荷管理。漫游和区域限制功能、流量控制和拥塞控制功能不属于 X2 接口的功能。

2.1.3 S1 接口

考 点 介 绍

S1 接口的作用。

S1 协议栈的结构。

S1 接口用于 MME/SGW 与 eNodeB 之间, 也分为控制面和用户面。同时, 由于现实网络中核心网的 MME 和 SGW 往往是不同的网元实体, 其中, eNodeB 与 SGW 之间的连接为用户面, eNodeB 与 MME 之间为控制面。S1 接口也可以分别称为 S1-MME 接口和 S1-U 接口。

由于需求一样, S1 接口用户面与 X2 接口用户面的架构是一致的, 即使用 GTP-U (GPRS Tunneling Protocol, GPRS 用户平面隧道协议) 来携带用户面的 PDU。如图 2-8 所示。

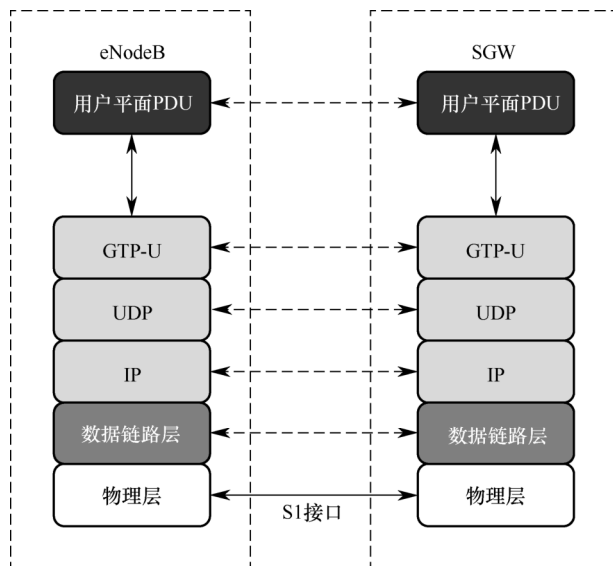


图 2-8 S1 接口用户面协议

同理，S1 接口控制面的层 3 与 X2 接口也是一致的，即采用 SCTP 协议提供可靠的信令传输。

S1 接口控制面的协议栈如图 2-9 所示。与用户面类似，控制面也是基于 IP 传输的，不同的是控制平面在 IP 层的上面采用 SCTP，为无线网络层信令消息提供可靠传输。

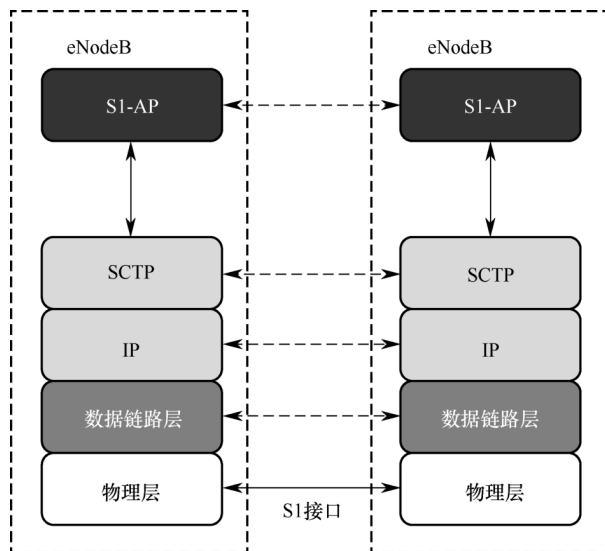


图 2-9 S1 接口控制面协议

S1 控制面应用层协议称为 S1-AP，其主要功能是建立与核心网的承载链接，即 SAE 承载管理功能，包括 SAE 承载的建立、修改和释放。

S1 移动性管理不仅包括 LTE 系统内切换，还包括系统间切换。此外，S1 接口还支持寻呼功能、NAS 信令的传输功能和 S1 接口本身的管理功能等。



判断题

S1-U 接口上使用 GTP-U 协议, S1-MME 接口上使用 S1-AP 协议。()

答案: √

解析: S1-U 接口上使用 GTP-U 协议, S1-MME 接口上使用 S1-AP 协议。



单选题

1. 下面不属于控制面协议的是 ()。

A. SCTP

B. S1-AP

C. GTP-U

D. NAS

答案: C

解析: GTP-U 是用户面协议, 不属于控制面。

2. 在 LTE 下, eNodeB 通过 () 接口连接 MME。

A. S1-U

B. S4

C. S3

D. S1-MME

答案: D

解析: 在 LTE 下, eNodeB 通过 S1-MME 接口连接 MME。

3. LTE/EPC 网络中用户面数据流路径是 ()。

A. UE→eNodeB→MME→PGW→PDN

B. UE→eNodeB→SGW→PGW→PDN

C. UE→eNodeB→SGW→MME→PGW→PDN

D. UE→eNodeB→SGW→HSS→PGW→PDN

答案: B

解析: MME 走的是控制面信令, HSS 存储的是用户签约数据, 不走用户面的数据, 所以用户面数据流的路径肯定不包括 MME 和 HSS。

4. 当所有协议层的安全功能都开启时, 一条 NAS 消息会被加密 () 次。

A. 1

B. 2

C. 3

答案: C

解析: 当所有协议层的安全功能都开启时, 一条 NAS 消息会被加密 3 次, 包括空口加密、PDCP 层加密和 NAS 层加密。



多选题

eUTRAN 通过以下哪些接口连接 EPC? ()

A. S1-MME

B. S1-U

C. Gn

D. S5

答案: AB

解析: eUTRAN 是 S1-MME 连接 EPC 的 MME, 通过 S1-U 连接 EPC 的 SGW。

2.2 典型信令过程

基于各个接口的协议栈, 网元 (包括 UE) 间密切配合, 实现用户的各种业务需求, 以及为用户提供业务所需的各种准备工作, 这就是网络中的各种信令交互过程, 典型的

有如下几个。

2.2.1 小区搜索

考点介绍

小区搜索的主要流程和关键步骤。

PSS 和 SSS 的作用。

UE 开机后，要完成 3 个大动作：小区搜索、PLMN 选择和小区选择、附着。

首先进行小区搜索，这是一个物理下行同步的过程。UE 和小区取得时间和频率同步，并检测小区 ID。主要流程和关键步骤如图 2-10 所示。

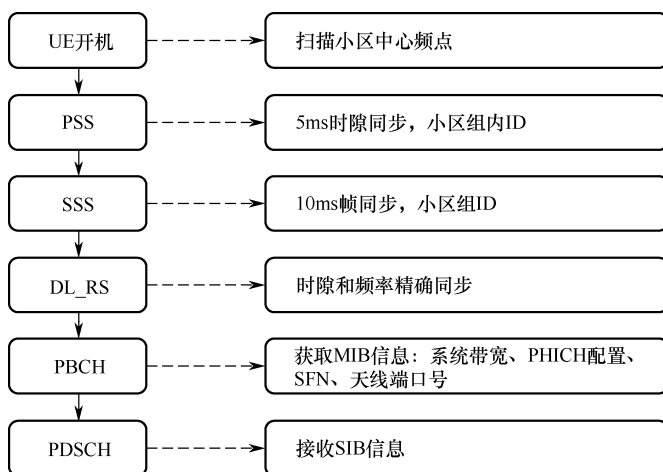


图 2-10 小区搜索流程

UE 一开机，在最可能驻留的几个 LTE 小区的中心频点上接收信号（PSS），以接收信号强度来判断这个频点周围是否存在可驻留的小区。

如果 UE 保存了上次关机时的频点和运营商信息，则开机后会先在上次驻留的小区上尝试；如果没有，就要在划分给 LTE 系统的频带范围进行全频段扫描，发现信号较强的频点去尝试。

然后在这个中心频点周围接收 PSS（主同步信号），它占用了中心频带的 6 个 RB 的宽度。信号以 5ms 为周期重复，在子帧#0 发送，并且是 ZC 序列，具有很强的相关性，因此可以直接检测并接收到。据此，可以得到小区组里的小区 ID，同时确定 5ms 的时隙边界。通过检查这个信号，也可以知道循环前缀的长度，还可知道无线制式是 FDD 还是 TDD（因为 TDD 的 PSS 是放在特殊子帧里面的，位置有所不同，基于此来做判断）。

5ms 时隙同步后，在 PSS 基础上向前搜索 SSS。只要接收到两个 SSS，就可以确定 10ms 的边界，从而达到帧同步的目的。由于 SSS 信号携带了小区组 ID，跟 PSS 结合就可以获得物理层 ID（CELL ID）。这样，就可以进一步得到下行参考信号的结构信息。在获得帧同步以后，就可以读取 PBCH 了。

通过上面两步，获得了下行参考信号的结构。通过解调参考信号，可以做精确的时

隙与频率同步。同时,可以为解调 PBCH 做信道估计。通过解调 PBCH,可以得到系统帧号和带宽信息,以及 PHICH 的配置和天线配置。最后,UE 可以在 PDSCH 进一步接收 SIB 信息。



判断题

1. 小区搜索就是 UE 与小区取得时间和频率同步,并检测小区 ID 的过程。()

答案:√

解析:小区搜索就是 UE 与小区取得时间和频率同步,并检测小区 ID 的过程。

2. LTE 小区搜索基于主同步信号、辅同步信号,以及下行参考信号完成。()

答案:√

解析:UE 开机,在最可能驻留的几个 LTE 小区的中心频点上接收信号 PSS (主同步信号),5ms 时隙同步后,在 PSS 基础上向前搜索 SSS (辅同步信号),从而达到帧同步的目的。由于 SSS 信号携带了小区组 ID,跟 PSS 结合就可以获得物理层 ID(CELL ID),这样就可以进一步得到下行参考信号的结构信息。



单选题

1. 小区搜索过程中,手机通过()信道进行精确时隙与频率同步。

A. PSS B. SSS C. PBCH D. PDSCH

答案:C

解析:小区搜索过程中,帧同步以后就可以读取 PBCH 了,以便做进一步的精确时隙与频率同步。

2. MIB 块里不包含下列()信息。

A. 系统帧号 B. PLMN C. 下行系统带宽 D. PHICH 配置

答案:D

解析:PHICH 配置信息在 SIB 里配置,MIB 包含前 3 个选项。

3. 关于小区搜索,以下描述错误的是()。

A. 小区搜索过程是 UE 与小区取得时间和频率同步,并检测小区 ID 的过程
B. 检测 PSCH
C. 检测 SSCH
D. 读取 PCH

答案:D

解析:小区搜索阶段不会读取寻呼信道,待用户小区搜索并附着成功后空闲态时,才会监听并读取 PCH。



多选题

决定小区物理 ID 的参数是()。

A. PSS B. CRS C. SSS D. DRS E. DMRS

答案:AC

解析:由于 SSS 信号携带了小区组 ID,跟 PSS 结合就可以获得物理层 ID(CELL ID)。

2.2.2 附着流程

考点介绍

附着的主要流程和关键参数。

附着的信令过程。

开机后，UE 首先进行小区搜索，完成小区选择，然后驻留小区，进行附着过程。

附着流程包括随机接入、RRC 连接请求阶段、核心网附着请求阶段、初始上下文建立请求阶段和附着完成阶段，如图 2-11 所示。

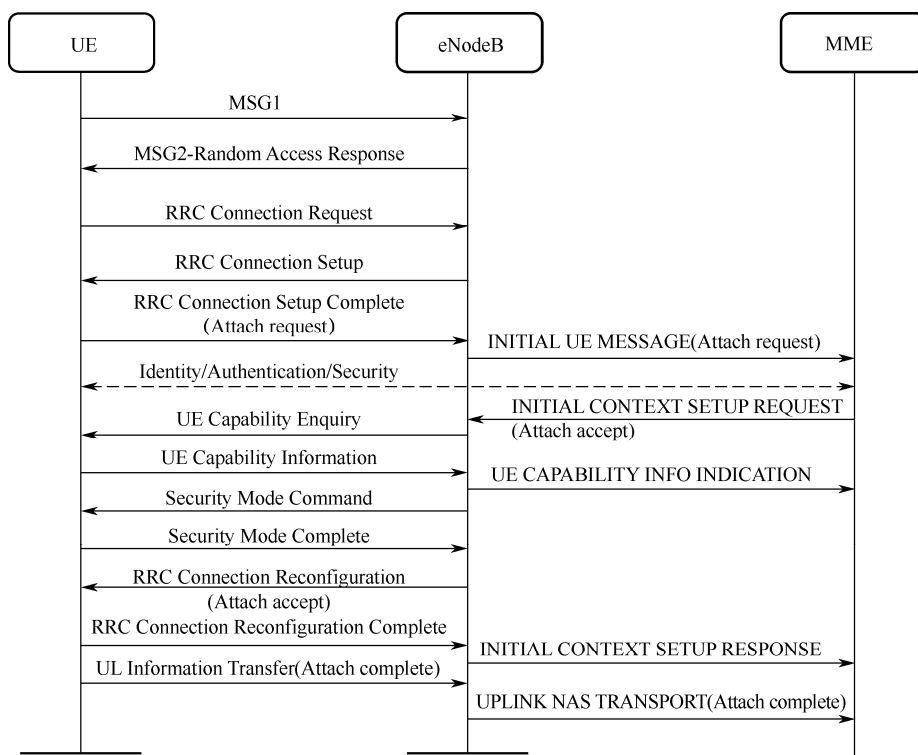


图 2-11 开机附着流程

UE 在完成小区选择后，发起随机接入和 RRC 连接请求，从 UE 发送 MSG1 至收到 RRC Connection Setup Complete 消息，完成 RRC 连接过程为止。包括以下步骤：

- (1) 处在 RRC_IDLE 态的 UE 进行 Attach 过程，发起随机接入过程，即 MSG1 消息。
- (2) eNodeB 检测到 MSG1 消息后向 UE 发送随机接入响应消息，即 MSG2 消息。
- (3) UE 收到随机接入响应后，根据 MSG2 的 TA 调整上行发送时间，向 eNodeB 发送 RRC Connection Request 消息申请建立 RRC 连接。
- (4) eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Setup 消息，包含建立 SRB1 信令承载信息和无线资源配置信息。

(5) UE 完成 SRB1 信令承载和无线资源配置, 向 eNodeB 发送 RRC Connection Setup Complete 消息, 包含 NAS 层 Attach request 信息。

eNodeB 通过 INITIAL UE MESSAGE 将来自 UE 的 Attach request 和 PDN Connectivity Request 消息转发给 EPC。此时建立了 S1 连接, 标志着 NAS Signaling Connection 建立完成。之后是一个 NAS 过程, UE 在 EPC 的要求下, 完成识别鉴权安全过程 (若为第一次附着, 将使用 IMSI, 此时无识别过程; 后续如果有有效的 GUTI, 即可使用 GUTI 附着, 核心网才会发起识别过程)。

(6) eNodeB 选择 MME, 向 MME 发送 INITIAL UE MESSAGE 消息, 包含 NAS 层 Attach request 消息。

(7) UE 和 MME 之间完成鉴权、认证和安全保护过程。

(8) MME 向 eNodeB 发送 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息, 包含 NAS 层 Attach accept 消息。

MME 向 eNodeB 发起的初始上下文建立请求, 用于请求 eNodeB 建立承载资源。该消息同时携带安全上下文, 可能携带用户无线能力、切换限制列表等参数。UE 的安全能力参数通过附着请求带给核心网, 核心网再通过该消息送给 eNodeB。

为了减少空口开销, 在 IDLE 下, MME 会保存 UE Radio Capability 信息, 在 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息中带给 eNodeB。在连接态 (CONNECTED) 下, eNodeB 会一直保存 UE Radio Capability 信息。

(9) eNodeB 接收到 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息, 如果不包含 UE 能力信息, 则 eNodeB 向 UE 发送 UE Capability Enquiry 消息, 查询 UE 能力。

(10) UE 向 eNodeB 发送 UE Capability Information 消息, 报告 UE 的能力信息。

(11) eNodeB 向 MME 发送 UE CAPABILITY INFO INDICATION 消息, 更新 MME 的 UE 能力信息。

(12) eNodeB 根据 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息中 UE 支持的安全信息, 向 UE 发送 Security Mode Command 消息, 进行安全激活。

(13) UE 向 eNodeB 发送 Security Mode Complete 消息, 表示安全激活完成。

(14) eNodeB 根据 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息中的 ERAB 建立信息, 向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration 消息进行 UE 资源重配, 包括重配 SRB1 信令承载信息和无线资源配置, 建立 SRB2、DRB (包括默认承载) 等。

(15) UE 向 eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息, 表示无线资源配置完成。

(16) eNodeB 向 MME 发送 INITIAL CONTEXT SETUP RESPONSE 响应消息, 表明 UE 上下文建立完成。

接下来完成附着流程的收尾工作。

(17) UE 向 eNodeB 发送 UL Information Transfer 消息, 包含 NAS 层 Attach complete、Activate default EPS bearer context accept 消息。

(18) eNodeB 向 MME 发送上行直传 UPLINK NAS TRANSPORT 消息, 包含 NAS 层 Attach complete 消息。



判断题

Attach 时延指的是 UE 从 PRACH 接入到网络注册完成的时间。 ()

答案：√

解析：Attach 时延指的是 UE 从 PRACH 接入到网络注册完成的时间，是衡量网络可接入性的指标。



单选题

1. 在 LTE 去附着流程中，IDLE 状态下去附着是由 () 发起的 Detach request 消息。

- A. UE B. MME C. eNodeB D. PGW

答案：A

解析：IDLE 状态下去附着流程中，UE 完成 SRB1 承载和无线资源配置，向 eNodeB 发送 RRC Connection Setup Complete 消息，包含 NAS 层 Detach request 信息，Detach request 信息中包括 Switch off 信息。

2. 下面哪个不是 LTE_DETACHED 状态？ ()

- A. 没有 RRC 实体 B. 用户的标识只有 IMSI
C. 网络知道用户的位置信息 D. 没有该用户的 RRC 通信上下文

答案：C

解析：终端 UE 开机，但在还没有在网络注册成功的时候，首先进入的状态就是去附着态 (LTE-DETACHED)。这时，网络侧是没有 RRC 实体与之对应的，网络侧也不知道 UE 的具体位置，也没有给 UE 分配跟踪区号和小区号。

3. UE 的能力等级信息可以在哪条消息中读取？ ()

- A. INITIAL UE CONTEXT SETUP REQUEST
B. RRC CONNECTION RECONFIGURATION
C. CONNECTION SETUP RECONFIGURATION COMPLETE
D. MIB

答案：A

解析：当 MME 保存了 UE 的能力等级信息时，可以通过初始上下文建立请求消息带给基站；当 MME 没有保存 UE 的能力等级信息时，基站会主动向 UE 查询能力等级相关信息，并通过初始上下文响应消息返回给 MME。



多选题

下面哪些消息属于 NAS EMM 类？

- A. Attach B. Tracking Area Update
C. Authentication D. EPS Bearer Setup

答案：ABC

解析：EPS Bearer Setup 是 ESM 消息，属于会话管理类的消息。

2.2.3 寻呼流程

考点介绍

寻呼的主要场景和关键参数。

寻呼消息的响应过程。

网络侧有数据需要发送给 UE 时，需要先与 UE 取得联系，这就是寻呼过程。

通常，为了安全起见，网络会使用 S-TMSI 来寻呼 UE，UE 收到寻呼后发起 Service Request 过程。只有当网络发生错误需要恢复时（如 S-TMSI 不可用），才会发起 IMSI 寻呼。

网络可以向空闲态和连接态的 UE 发送寻呼。寻呼过程可以由核心网触发，用于通知 UE 接收寻呼消息；也可以由 eNodeB 触发，用于通知系统消息更新。

1. MME 触发的寻呼

第 1 步：当 EPC 需要给 UE 发送数据时，向 eNodeB 发送 Paging 消息。

第 2 步：eNodeB 根据 MME 发出的寻呼消息中的 TA 列表信息，在属于该 TA 列表的小区发送 Paging 消息。UE 在自己的寻呼时刻接收到 eNodeB 发送的寻呼消息。

如图 2-12 所示。

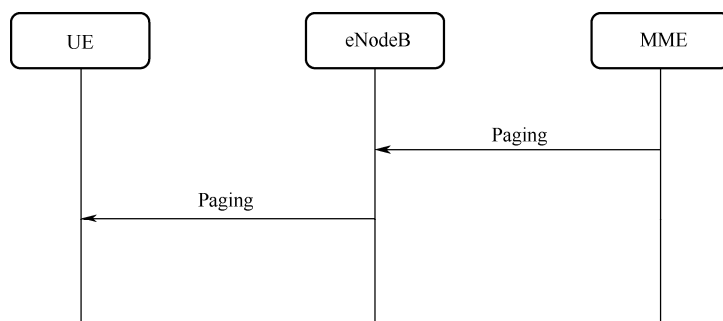


图 2-12 MME 触发的寻呼

2. 系统消息改变触发的寻呼

当 eNodeB 小区系统消息发生改变时，eNodeB 向 UE 发送 Paging 消息，UE 接收到寻呼消息后，在下一个系统消息改变周期接收新的系统消息，如图 2-13 所示。

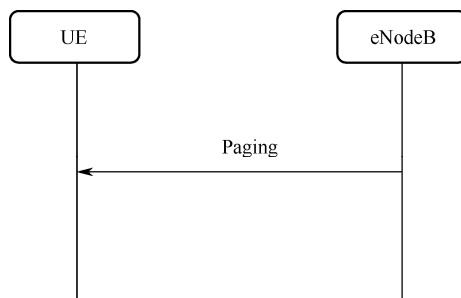


图 2-13 系统消息改变触发的寻呼



填空题

1. Paging 可以由 MME 发起, 也可以由_____发起。

答案: eNodeB

解析: Paging 可以由 MME 发起, 也可以由 eNodeB 发起。

2. 寻呼区域是以_____为单位的。

答案: TA-LIST

解析: 按照协议规定以 TA-LIST 为单位, 现网实际应用中一般一个 TA-LIST 仅包含一个 TAC。



判断题

1. LTE 中的寻呼有 MME 和 eNodeB 触发两种情况。()

答案: √

解析: eNodeB 触发的寻呼: 当 eNodeB 小区系统信息发生改变时, eNodeB 向 UE 发送 Paging 消息, UE 接收到寻呼消息后在下一个系统消息改变周期接收新的系统消息。

MME 触发的寻呼: 当 EPC 需要给 UE 发送数据时, MME 向 eNodeB 发送 Paging 消息; eNodeB 根据 MME 发的寻呼消息中的 TA 列表信息, 在属于该 TA 列表的小区发送 Paging 消息, UE 在自己的寻呼时刻接收到 eNodeB 发送的寻呼消息。

2. Paging Success Time 反映了 UE 响应寻呼的时延, 是基站从发出 Paging 到收到 RRC Connection Request 消息的时间差。()

答案: ×

解析: Paging Success Time 反映了 UE 响应寻呼的时延, 是基站从发出 Paging 到收到 RRC Connection Setup Complete 消息的时间差, 不是 RRC Connection Request。



单选题

怎样在网络侧统计终端成功响应 Paging 的次数? ()

- A. 寻呼发出后, 收到 UE RRC Connection Setup Complete 的次数
- B. 收到 Service Request 的次数
- C. 收到 Scheduling Request 的次数
- D. 发送测量报告的次数

答案: A

解析: UE RRC Connection Setup Complete 意味着终端成功响应 Paging。



简答题

1. 网络如何寻呼终端 UE?

解答:

MME 中存储 UE 最近一次 TAU 上报的 TA 区域信息, MME 根据这个信息向对应的 TA 区域中所有 eNodeB 的 cell 发起寻呼。

2. 系统在何种情况下会向 UE 发出 Paging 消息？UE 收到过多 Paging 消息可能的原因有哪些？

系统发 Paging 消息的原因如下。

(1) UE 在 RRC Release 后，系统侧有数据需下发至该 UE，MME 会向 UE 发送 Paging 消息，UE 会回 Service Request 重新建立 RRC 连接。

(2) 当系统参数修改后，如 PLMN 信息、SIB 参数变化后，系统侧会向 UE 发送 Paging 消息更新系统参数。

UE 收到过多 Paging 消息的原因如下。

(1) 系统侧设置 RRC Inactive 的时间过短，UE 进入 RRC Release 的次数过多，在某些应用下，会使得核心网多次 Paging UE。

(2) 系统设置的寻呼区域(如 TA)过大，UE 会接收到过多的系统对其他 UE 的 Paging 消息。

2.2.4 TAU 流程

考 点 介 绍

TAU 的主要场景和关键参数。

TAU 的主要信令过程。

为了确认移动台的位置，LTE 网络覆盖区被分为许多跟踪区 (Tracking Area)。TA 功能与 3G 的位置区 (LA) 和路由区 (RA) 类似，是 LTE 系统中位置更新和寻呼的基本单位。

当 UE 进入一个小区，而该小区所属的 TAI 不在 UE 保存的 TAI List (TAL) 内时，UE 就会发起正常的 TAU 过程。

由于 UE 在空闲状态和连接状态下所拥有的资源不同，两种状态下的 TAU 过程也有所不同。

1. 空闲态不设置“ACTIVE”的 TAU 流程

在空闲状态下，如果 UE 发起 TAU 时，恰好有与 TAU 无关的上行数据或上行信令需要发送，UE 就可以在 TAU Request 消息中设置“ACTIVE”标识来请求建立用户面资源，并且在 TAU 完成后，保持 NAS 信令连接。如果没有设置“ACTIVE”标识，则完成 TAU 后释放 NAS 信令连接。

空闲状态下发起的 TAU 还可以携带 EPS bearer context status IE。如果 UE 携带了该 IE，则 MME 的回复消息中也将携带该 IE，双方 EPS 承载通过这个 IE 保持同步。

在空闲态不设置“ACTIVE”的 TAU 流程中，UE 不做业务，只进行位置更新，如周期性位置更新、移动性位置更新等，如图 2-14 所示。

(1) 处在 RRC_IDLE 态的 UE 监听广播中的 TAI 不在保存的 TAU List 时，发起随机接入过程，即 MSG1 消息。

(2) eNodeB 检测到 MSG1 消息后，向 UE 发送随机接入响应消息，即 MSG2 消息。

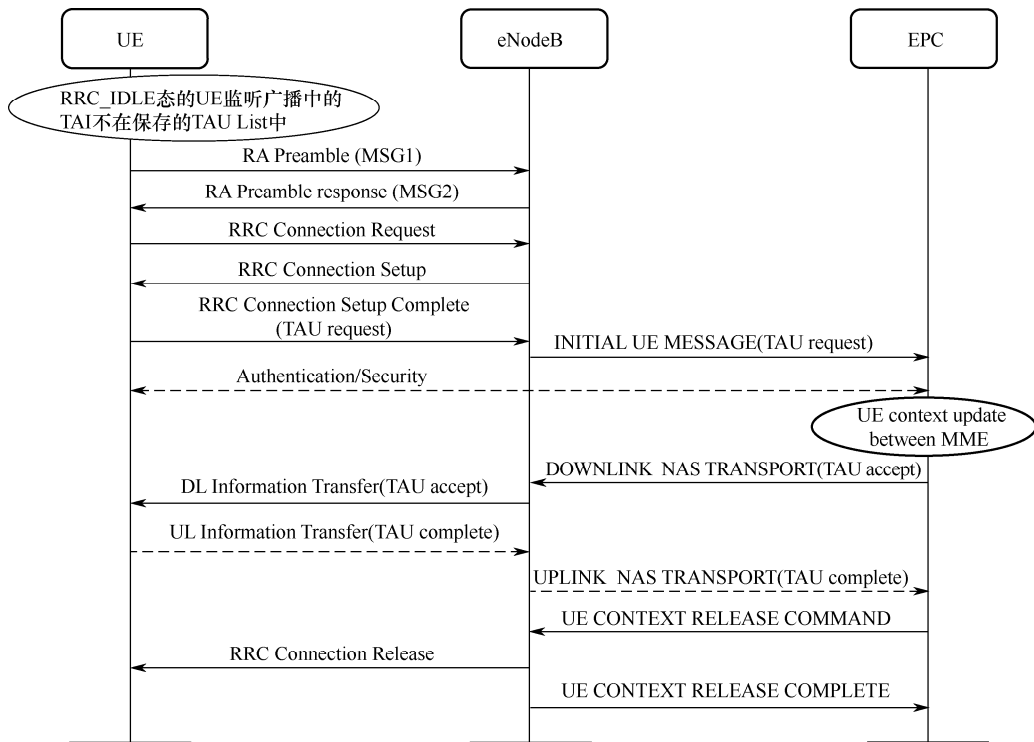


图 2-14 空闲态不设置“ACTIVE”的 TAU 流程

(3) UE 收到随机接入响应后，根据 MSG2 的 TA 调整上行发送时间，向 eNodeB 发送 RRC Connection Request 消息。

(4) eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Setup 消息，包含建立 SRB1 承载信息和无线资源配置信息。

(5) UE 完成 SRB1 承载和无线资源配置，向 eNodeB 发送 RRC Connection Setup Complete 消息，包含 NAS 层 TAU request 消息。

(6) eNodeB 选择 MME，向 MME 发送 INITIAL UE MESSAGE 消息，包含 NAS 层 TAU request 消息。

(7) MME 向 eNodeB 发送 DOWNLINK NAS TRANSPORT 消息，包含 NAS 层 TAU accept 消息。

(8) eNodeB 接收到 DOWNLINK NAS TRANSPORT 消息，向 UE 发送 DL Information Transfer 消息，包含 NAS 层 TAU Accept 消息。

(9) 在 TAU 过程中，如果分配了 GUTI，UE 才会向 eNodeB 发送 UL Information Transfer 消息，包含 NAS 层 TAU complete 消息。

(10) eNodeB 向 MME 发送 UPLINK NAS TRANSPORT 消息，包含 NAS 层 TAU complete 消息。

(11) TAU 过程完成释放链路，MME 向 eNodeB 发送 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息指示 eNodeB 释放 UE 上下文。

(12) eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Release 消息，指示 UE 释放 RRC 链路，并向 MME 发送 UE CONTEXT RELEASE COMPLETE 消息进行响应。

2. 空闲态设置“ACTIVE”的 TAU 流程

空闲态设置“ACTIVE”的 TAU 流程，如图 2-15 所示，意味着做业务前或承载发生改变时，正好有位置更新命令。

(1) TAU complete 消息之前，同 IDLE 下发起的不设置“ACTIVE”标识的正常 TAU 流程相同。

(2) TAU complete 消息之后，向 EPC 发送上行数据。

(3) EPC 进行下行承载数据的发送地址更新。

(4) EPC 向 UE 发送下行数据。

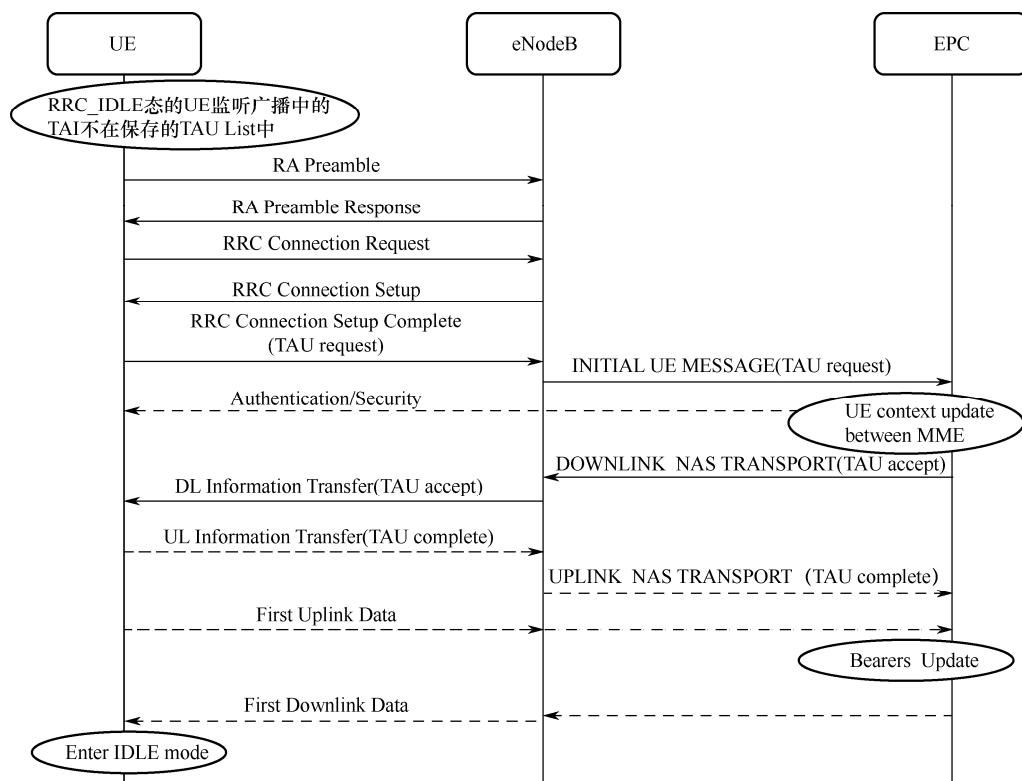


图 2-15 空闲态设置“ACTIVE”的 TAU 流程

3. 连接态下的 TAU 流程

相比空闲态，在连接状态下由于已经分配了相关资源，TAU 过程比空闲状态简单很多，如图 2-16 所示。连接状态下发起的 TAU 是不能设置“ACTIVE”标识的（也没有这个必要）。切换下发起的 TAU，完成后不会释放 NAS 信令连接。

连接态 TAU 的流程如下。

(1) 处在 RRC_CONNECTED 态的 UE 进行 Detach 过程，向 eNodeB 发送 UL Information Transfer 消息，包含 NAS 层 TAU request 消息。

(2) eNodeB 向 MME 发送上行直传 UPLINK NAS TRANSPORT 消息，包含 NAS 层 TAU request 消息。

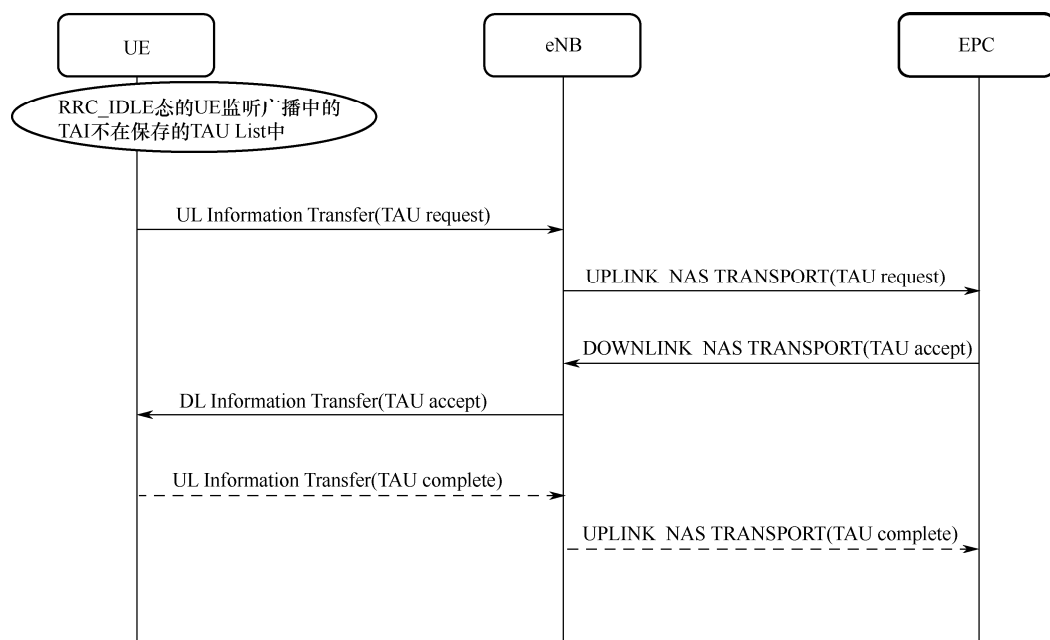


图 2-16 连接态的 TAU 流程

(3) MME 向基站发送下行直传 DOWNLINK NAS TRANSPORT 消息，包含 NAS 层 TAU accept 消息。

(4) eNodeB 向 UE 发送 DL Information Transfer 消息，包含 NAS 层 TAU accept 消息。

(5) UE 向 eNodeB 发送 UL Information Transfer 消息，包含 NAS 层 TAU complete 消息。

(6) eNodeB 向 MME 发送上行直传 UPLINK NAS TRANSPORT 消息，包含 NAS 层 TAU Complete 消息。



判断题

1. UE 从一个 TA List 移动到另一个 TA List，有时可以不需要执行 TA 更新。()

答案：×

解析：当 UE 在网络分配的 TA List 范围内移动时，一定会发起 TAU (Tracking Area Update) 过程。

2. MME 向 UE 发出 TA List，以后在 TA List 里移动时，不需要发起 TAU 流程。()

答案：√

解析：在 TA List 里移动时，不需要发起 TAU 流程。

3. LTE/EPC 网络中，手机进入一个新的 TA 时，一定发起 TAU 流程。()

答案：×

解析：当 TA 归属于同一个 TAL 时，不需发起 TAU 流程；当归属于不同的 TAL 时，需要发起 TAU 流程。

4. 若 TAU 流程中更换了 MME pool，则核心网会在 TAU accept 消息中携带新 GUTI 分配给 UE。()

答案：√

解析：若 TAU 流程中更换了 MME，MME 一定会按照新 MME 的 ID 给用户分配一个新的 GUTI，以便基站在后续业务过程中为用户选择新的 MME。



单选题

1. 关于 TAC/TAU 流程描述正确的是（ ）。

- A. TAU 只能在 IDLE 模式下发起，分为普通 TAU 和周期性 TAU
- B. TAU 流程一定要先进行随机接入，TAC 内所有小区的 Paging 数量是一样的
- C. TAC 是 MME 对 UE 移动性管理的区域，TAU 可以在 IDLE 或 CONNECT 模式下发起
- D. TAU 是 NAS 层的流程，TAU 流程不要先进行随机接入

答案：C

解析：TAU 既可以在 IDLE 模式下发起，也可以在 CONNECT 模式下发起。TAC 是 MME 对 UE 移动性管理的区域。TAU 在 IDLE 模式下发起，需先进行随机接入。在 CONNECT 模式下，不需要进行随机接入。TAC 内所有小区的寻呼（Paging）数量不可能是一样的，和 TAC 内的用户规模及寻呼规模有关。

2. EPC 发起的寻呼消息以（ ）为单位下发给 UE。

- A. TA
- B. TA List
- C. LA
- D. RA

答案：B

解析：EPC 发起的寻呼消息以 TA List 为单位下发给 UE。



多选题

1. 下列（ ）会触发 TA Updating。

- A. 进入新的 TA，且当前 TA 不在 TA List
- B. TA 周期性更新计时器超时
- C. UE 的 NAS 产生了 RRC 连接错误
- D. UE 完成基于 X2 的切换

答案：ABC

解析：进入新的 TA，且当前 TA 不在 TA List、TA 周期性更新计时器超时、UE 的 NAS 产生了 RRC 连接错误，均会触发 TA Updating。但 UE 发生切换，只是小区发生了变化，TA 的范围要比 X2 切换的小区范围大多了，TA List 的范围则更大，所以不可能触发 TA Updating。

2. LTE 中位置更新的类型有（ ）。

- A. 正常位置更新
- B. 开机位置更新
- C. 非正常位置更新
- D. 周期性位置更新

答案：ABCD

解析：LTE 中位置更新的类型包括正常位置更新、开机位置更新、非正常位置更新、周期性位置更新。

3. 关于 TAC/TAU 流程描述错误的是（ ）。

- A. TAU 只能在 IDLE 模式下发起，TAU 分为普通 TAU 和周期性 TAU

- B. TAU 流程一定要先进行随机接入，TAC 内所有小区的 Paging 数量是一样的
- C. TAU 是 NAS 层的流程，TAU 流程不要先进行随机接入
- D. TAC 是 MME 对 UE 移动性管理的区域，TAU 可以在 IDLE 或 CONNECT 模式下发起

答案：ABC

解析：TAU 可以在空闲态也可在连接态下发起，如果在连接态发起不需要随机接入，而在空闲态发起则需要先进行随机接入。

2.2.5 随机接入流程

考点介绍

随机接入的场景和区别。

随机接入的信令过程。

随机接入分为基于冲突的随机接入和基于非冲突的随机接入两种情况。

两种情况下，选择随机接入前缀的方式不同。基于冲突的随机接入，UE 从基于冲突的随机接入前缀中依照一定算法随机选择一个随机前缀，具体流程如图 2-17 所示；基于非冲突的随机接入，基站侧通过下行专用信令给 UE 指派非冲突的随机接入前缀，具体流程如图 2-18 所示。

1. 基于冲突的随机接入流程

(1) UE 在 RACH 上发送随机接入前缀。

(2) eNodeB 的 MAC 层产生随机接入响应，并在 DL-SCH 上发送。

(3) UE 的 RRC 层产生 RRC Connection Request，并在映射到 UL-SCH 上的 CCCH 逻辑信道上发送。

(4) RRC Contention Resolution 由 eNodeB 的 RRC 层产生，并在映射到 DL-SCH 上的 CCCH 或 DCCH (FFS) 逻辑信道上发送。

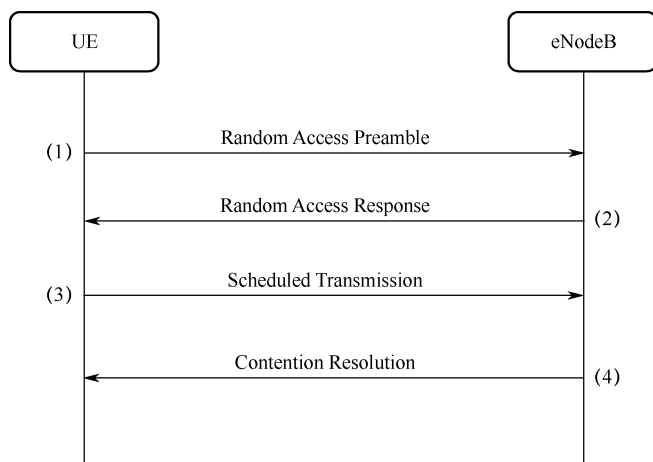


图 2-17 基于冲突的随机接入流程

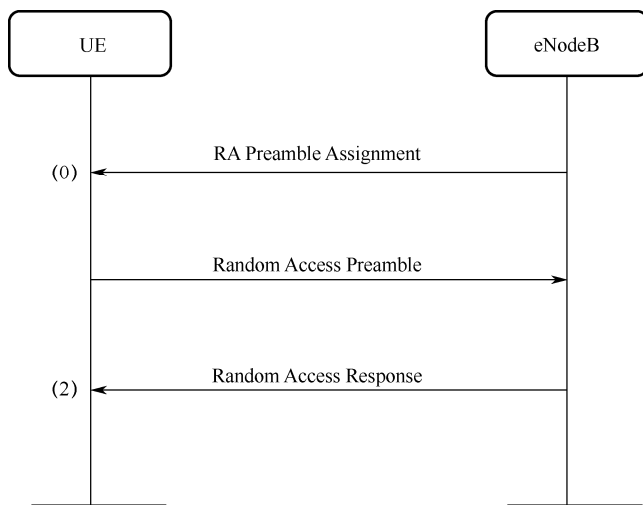


图 2-18 基于非冲突的随机接入流程

2. 基于非冲突的随机接入流程

(1) eNodeB 通过下行专用信令给 UE 指派非冲突的随机接入前缀 (Non-Contention Random Access Preamble)，这个前缀不在 BCH 上广播的集合中。

(2) UE 在 RACH 上发送指派的随机接入前缀。

(3) eNodeB 的 MAC 层产生随机接入响应，并在 DL-SCH 上发送。



填空题

1. 在 LTE 系统中，每个小区用于随机接入的码是_____，共有_____个。

答案：Preamble、64

解析：每个小区分配的随机接入前导消息 Preamble 的根序列索引共有 64 个。

2. Preamble 码由_____序列生成。

答案：ZC

解析：preamble 码由 ZC 序列生成。

3. Preamble 的格式是由_____、_____ 和保护时间组成的。

答案：循环前缀 CP、前导序列 Preamble

解析：Preamble 的格式是由循环前缀 CP、前导序列 Preamble 和保护时间组成的。



判断题

随机接入中的基于冲突的随机接入和基于非冲突的随机接入两个流程一样。()

答案：×

解析：随机接入分为基于冲突的随机接入和基于非冲突的随机接入。其区别为两种流程选择随机接入前缀的方式不一样。前者为 UE 从基于冲突的随机接入前缀中依照一定算法选择一个随机前缀；后者是基站侧通过下行专用信令给 UE 指派非冲突的随机接入前缀。



单选题

1. 上行 PRACH 共有几种格式? ()

A. 3

B. 4

C. 5

D. 6

答案: C

解析: 上行 PRACH 共有 5 种格式, 不同前导格式对应的小区接入半径不同, 其中格式 4 只适用于 TDD 模式。

2. 在随机接入过程中使用哪种标识区分用户? ()

A. C-RNTI

B. P-RNTI

C. SI-RNTI

D. RA-RNTI

答案: D

解析: SI-RNTI: 系统消息。P-RNTI: 寻呼。RA-RNTI: 表示用户发随机接入前导所使用的资源块。C-RNTI: 用户业务。



多选题

1. 随机接入的作用是 ()。

A. 初始接入

B. 建立上行同步

C. 小区搜索

D. 寻呼

答案: AB

解析: 随机接入的作用是完成初始接入和建立上行同步。

2. 随机接入过程中涉及哪些 RNTI? ()

A. RA-RNTI

B. Temporary C-RNTI

C. P-RNTI

D. SI-RNTI

答案: AB

解析: 随机接入过程中涉及 RA-RNTI、Temporary C-RNTI。



简答题

简述基于竞争的随机接入过程及其触发场景。

解答:

基于竞争的随机接入过程如下。

第 1 步: 在上行 RACH 上发送随机接入的前缀 Preamble。

第 2 步: 在 DL_SCH 信道上发送随机接入响应。

第 3 步: 在 UL_SCH 信道上发送 RRC 连接请求 (RRC Connection Request)。

第 4 步: 在 DL_SCH 信道上发送 RRC 竞争判决结果。

随机接入触发的场景如下。

场景 1: 初始 RRC 连接建立, 当 UE 从空闲态转到连接态时, UE 会发起随机接入。

场景 2: RRC 连接重建, 当无线连接失败后, UE 需要重新建立 RRC 连接时, UE 会发起随机接入。

场景 3: 上行数据到达, 当 UE 处于连接态, UE 有上行数据需要传输给 eNodeB 时, 却发现自己处于上行失步状态, UE 将发起随机接入。

2.2.6 Service Request 流程

考点介绍

业务请求的应用场景和作用。

业务请求的空口和 S1-C 口的建立过程。

UE 在空闲状态下需要发送或接收业务数据时，就要发起 Service Request 流程。

当 UE 发起 Service Request 时，需先发起随机接入流程，Service Request 由 RRC Connection Setup Complete 携带上去，整个流程类似于主叫过程。也就是说，Service Request 流程之前是随机接入流程。

当下行数据到达时，网络侧先对 UE 进行寻呼，随后 UE 发起随机接入流程，并发起 Service Request 流程。在下行数据到达时，发起 Service Request，类似于被叫接入过程。

Service Request 流程就是完成 INITIAL CONTEXT SETUP，在 S1 接口上建立 S1 承载，在 Uu 接口上建立数据无线承载，打通 UE 到 EPC 之间的路由，为后面的数据传输做好准备。如图 2-19 所示。

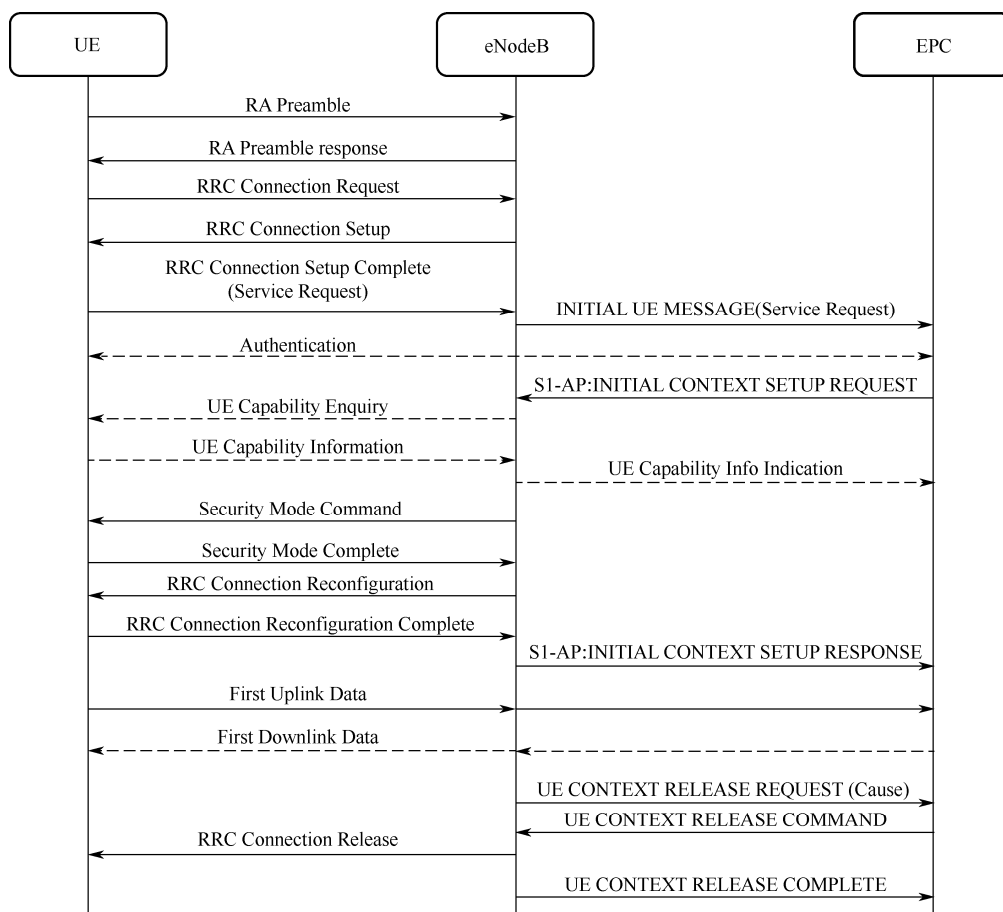


图 2-19 Service Request 流程

Service Request 流程详细说明:

(1) 处在 RRC_IDLE 态的 UE 进行 Service Request 流程, 发起随机接入流程, 即 MSG1 消息。

(2) eNodeB 检测到 MSG1 消息后, 向 UE 发送随机接入响应消息, 即 MSG2 消息。

(3) UE 收到随机接入响应后, 根据 MSG2 的 TA 调整上行发送时间, 向 eNodeB 发送 RRC Connection Request 消息, 即 MSG3 消息。

(4) eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Setup 消息, 包含建立 SRB1 承载信息和无线资源配置信息。

(5) UE 完成 SRB1 承载和无线资源配置, 向 eNodeB 发送 RRC Connection Setup Complete 消息, 包含 NAS 层 Service Request 消息。

(6) eNodeB 选择 MME, 向 MME 发送 INITIAL UE MESSAGE 消息, 包含 NAS 层 Service Request 消息。

(7) UE 与 EPC 间执行鉴权流程, 与 GSM 不同的是, 4G 鉴权是双向鉴权流程, 提高网络安全能力。

(8) MME 向 eNodeB 发送 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息, 请求建立 UE 上下文信息。

(9) eNodeB 接收到 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息, 如果不包含 UE 能力信息, 则 eNodeB 向 UE 发送 UE Capability Enquiry 消息, 查询 UE 能力。

(10) UE 向 eNodeB 发送 UE Capability Information 消息, 报告 UE 能力信息。

(11) eNodeB 向 MME 发送 UE Capability Info Indication 消息, 更新 MME 的 UE 能力信息。

(12) eNodeB 根据 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息中 UE 支持的安全信息, 向 UE 发送 Security Mode Command 消息, 进行安全激活。

(13) UE 向 eNodeB 发送 Security Mode Complete 消息, 表示安全激活完成。

(14) eNodeB 根据 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息中的 ERAB 建立信息, 向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration 消息进行 UE 资源重配, 包括重配 SRB1 和无线资源配置, 建立 SRB2 信令承载、DRB 业务承载等。

(15) UE 向 eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息, 表示资源配置完成。

(16) eNodeB 向 MME 发送 INITIAL CONTEXT SETUP RESPONSE 响应消息, 表明 UE 上下文建立完成。到此完成了 Service Request 流程, 随后进行数据的上传与下载。

(17) 数据传输完毕后, 对 UE 的去激活过程涉及 UE Context Release 流程。



判断题

UE 和 eNodeB 在承载业务之前, 必须要先建立 RRC 连接。()

答案: √

解析: UE 在空闲状态下, 需要发送或接收业务数据时, 就要发起 Service Request 流程。Service Request 由 RRC Connection Setup Complete 携带上去时, 必须要先建立 RRC 连接。



单选题

在 RRC Connection Request 消息中, 可能携带的信元是 ()。

- A. S-TMSI B. SRB1 参数 C. 前导序列 (preamble) D. AMBR

答案: A

解析: RRC Connection Request 消息属于 RRC 层, 是携带标识用户的 S-TMSI 或随机参数。



多选题

关于 LTE/EPC 网络中的服务请求 (Service Request), 下列描述正确的是 ()。

- A. 只能由 UE 发起 B. 只能由网络侧发起
C. 可以由 UE 发起 D. 可以由网络侧发起

答案: CD

解析: LTE/EPC 网络中的服务请求 (Service Request), 既可以由 UE 发起, 也可以由网络侧发起。

2.2.7 专用承载建立流程

考点介绍

专用承载建立的主要场景和关键参数。

专用承载的建立流程。

专用承载可以是 GBR 承载, 也可以是 Non-GBR 承载。专用承载建立流程可以为专用承载分配资源。

ERAB 承载必须在 UE RRC_CONNECTED 状态下执行。UE 和 EPC 均可发起, eNodeB 不可发起。UE 发起时, EPC 仅将其作为参考, 有权接受或拒绝。当 EPC 接受时, 可进行承载建立、修改流程。

专用承载建立流程如图 2-20 所示。

(1) 连接状态下的 UE 通过 UL Information Transfer 消息将 Bearer Resource Allocation Request 消息传递给 eNodeB (也可以是发送 Bearer Resource Modification Request 消息)。

(2) eNodeB 通过 UPLINK NAS TRANSPORT 消息将 Bearer Resource Allocation Request (或者是 Bearer Resource Modification Request) 发送给 EPC。

(3) EPC 进行承载资源申请处理。

(4) EPC 通过 ERAB SETUP REQUEST 传递 Activate Dedicated EPS Bearer Context Request 消息告知 eNodeB。

(5) eNodeB 通过重配消息, 将 NAS 消息 Activate Dedicated EPS Bearer Context Request 传递给 UE。

(6) UE 建立专用承载成功, 返回 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息, 表明承载建立成功。

(7) eNodeB 发送 ERAB SETUP RESPONSE 消息给 EPC，表明无线承载建立成功。

(8) UE 在发送、重配完成后，通过 UL Information Transfer 消息将 Activate Dedicated EPS Bearer Context Accept 消息告知 eNodeB。

(9) eNodeB 发送 UL NAS TRANSPORT 消息 Activate Dedicated EPS Bearer Context Accept 告知 EPC。

(10) 此时，上/下行数据已经可以进行发送。

(11) EPC 进行承载资源申请响应。

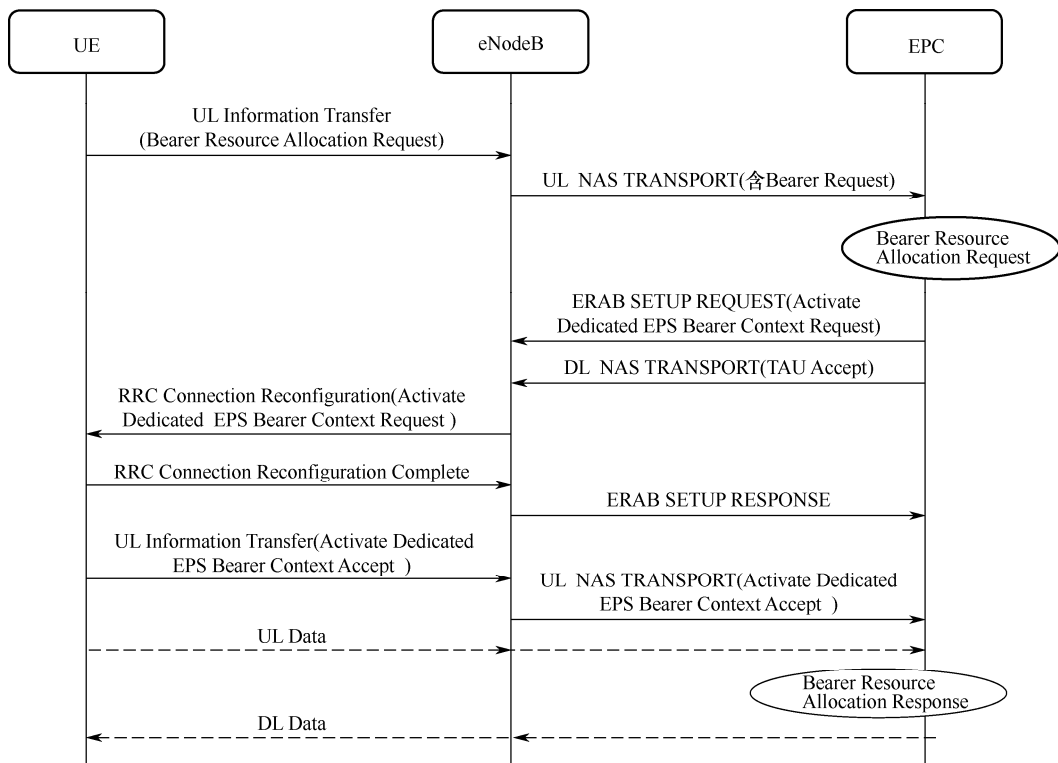


图 2-20 专用承载建立流程



填空题

S1 链路建立成功的标志是_____。

答案：SCTP 建立成功

解析：S1 链路建立成功的标志是查询 SCTP 的建立状态，显示驱动建立成功。



单选题

关于 PCRF QoS 控制描述错误的是 ()。

A. QoS 参数由 PCRF 下发

B. 可实现业务级的 QoS 控制

C. QoS 不包括带宽控制

D. 可实现会话级的 QoS 控制

答案：D

解析：目前 PCRF 是按照承载级进行 QoS 控制的，一个会话可能包含多个承载。



多选题

1. 关于承载建立的描述正确的是（ ）。

- A. 默认承载建立类似于一次 PDP 激活
- B. 专用承载建立类似于二次 PDP 激活
- C. 默认承载一定是 Non-GBR 承载
- D. 专用承载一定是 GBR 承载

答案：ABC。解析：专用承载可以是 Non-GBR 承载，也可以是 GBR 承载。

2. EPS 承载建立于（ ）和（ ）之间。

- A. UE
- B. eNodeB
- C. PGW
- D. SGW

答案：AC

解析：EPS 承载建立于 UE 和 PGW 之间。

3. EPS 承载包括（ ）。

- A. 无线承载
- B. S1 承载
- C. S5/S8 承载
- D. S11 承载

答案：ABC

解析：EPS 承载主要包括无线承载、S1 承载、S5/S8 承载。



简答题

简述 QCI=1 的专用承载建立流程。

解答：

当主叫 SBC 收到主叫 UE 的 INVITE 消息后，若 SBC 设置建立专用承载的方式为“TWO-STAGE”，则 SBC 通过 Rx 口下达 AAR 消息告诉 PCRF 申请建立专用承载，AAR 包括用户的信令地址、媒体带宽等信息。PCRF 根据 AAR 信息中携带的媒体类型和媒体描述信息做策略决策，提供授权的 QoS，并通过 Gx 口下发专用承载建立 RAR 消息给 PGW，PGW 根据 QoS 和 PCC 规则决策需要新建一条专用承载，PGW 通过 SGW 向 MME 发起 CBR 消息申请专用承载建立，MME 会触发 eUTRAN 建立的专用承载 QCI=1。

被叫侧 QCI=1 专用承载建立流程区别于主叫的是，被叫 SBC 建立时间不同，被叫 SBC 在收到被叫 UE 的 183 消息之后开始建立。

2.2.8 切换流程

考 点 介 绍

切换的基本原理和关键参数。

切换的信令过程。

当正在使用网络服务的用户从一个小区移动到另一个小区，或由于无线传输业务负荷量调整、激活操作维护、设备故障等原因，为了保证通信的连续性和服务的质量，系统要将该用户与原小区的通信链路转移到新小区上，这个过程就是切换。

LTE 系统中，切换可以分为站内切换、站间切换（基于 X2 口切换、基于 S1 口切换）。在 X2 口数据配置完善，且工作良好的情况下就会发生 X2 口切换，否则基站间就会发生 S1 口切换。一般来说，X2 口切换的优先级高于 S1 口切换。

当 UE 在连接模式下，eNodeB 可以根据 UE 上报的测量信息来判断是否需要执行切换。

如果需要切换，源 eNodeB 首先向目标 eNodeB 发出切换请求（HO Request）消息来请求目标 eNodeB 的资源和支持，并在收到目标 eNodeB 回复的 HO Request Ack 消息后，通过 RRC Connection Reconfiguration 消息将切换命令（HO Command）发给 UE。也就是说，LTE 系统中，切换命令封装在 RRC Connection Reconfiguration 消息中。

此时，源 eNodeB 与 UE 处于暂时“失联”状态，所以网络侧发至 UE 的数据只能缓存起来交接给目标 eNodeB，并在 UE 与目标 eNodeB 建立连接后恢复传送，而 UE 在收到源 eNodeB 的切换命令后，即通过随机接入流程主动联系目标 eNodeB。

1. eNodeB 内部切换

eNodeB 内部切换比较简单，如图 2-21 所示。

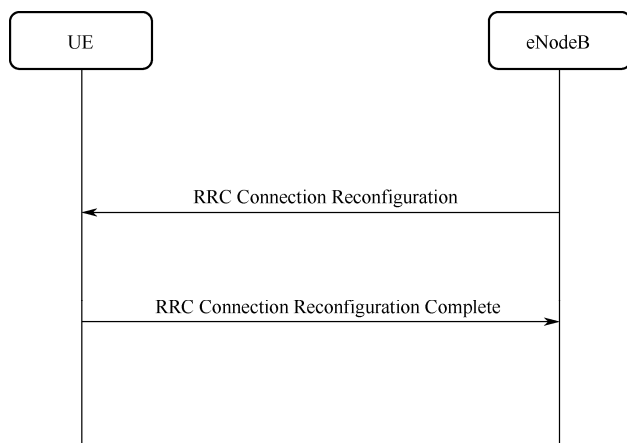


图 2-21 eNodeB 内部切换

(1) eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration 消息给 UE，消息中携带以下信息：

- ① 切换信息 Mobility Control Info。
- ② 目标小区 ID、载频、测量带宽。
- ③ 给用户分配的 C-RNTI。
- ④ 通用 RB 配置信息（包括各信道的基本配置、上行功率控制的基本信息等）。
- ⑤ 给用户配置 dedicated random access parameters，避免用户接入目标小区时有竞争冲突。

(2) UE 按照切换信息，在新的小区接入，向 eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息，表示切换完成，正常切入新小区。

2. 基于 X2 口切换

协议规定，eNodeB 间切换首先要通过 X2 口进行，从而站间交互信令及数据转发需要通过 X2 口完成，如图 2-22 所示。

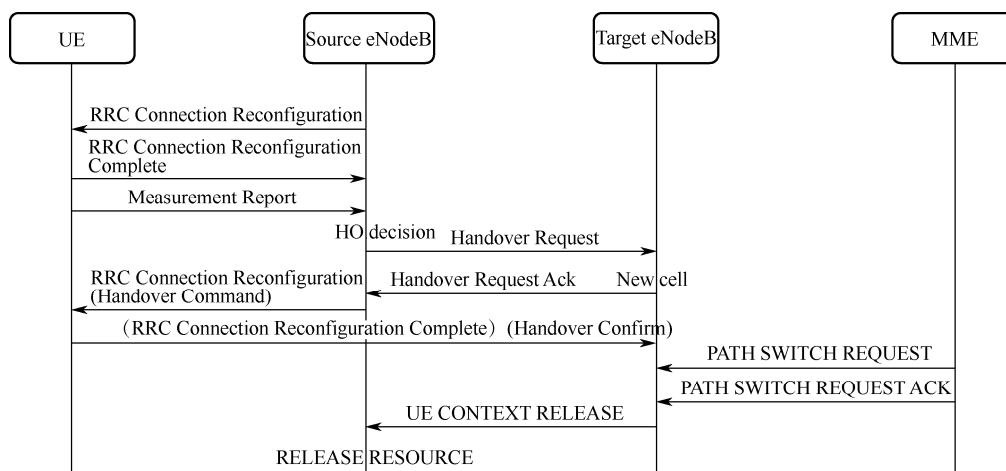


图 2-22 基于 X2 口的切换

(1) 源 eNodeB 向 UE 下发测量控制，通过 RRC Connection Reconfiguration 消息对 UE 的测量类型进行配置。

(2) UE 按照 eNodeB 下发的测量控制在 UE 的 RRC 协议端进行测量配置，并向 eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息表示测量配置已经完成。

(3) UE 按照测量配置向 eNodeB 上报测量报告。

(4) 源 eNodeB 根据测量报告或基于负荷分担进行判断，看该 UE 是否需要发生 eNodeB 间切换。

(5) 源 eNodeB 向目标 eNodeB 发送 Handover Request 消息，指示目标 eNodeB 进行切换准备，切换请求消息包含源 eNodeB 分配的 UE_X2AP_ID、MME 分配的 UE_S1AP_ID，需要建立的 EPS 承载列表及每个 EPS 承载对应的核心网侧的数据传送的地址。目标 eNodeB 收到 Handover Request 后开始对要切入的 ERAB 进行接纳处理。

(6) 目标小区进行资源准入，为 UE 的接入分配空口资源和业务的 SAE 承载资源。

(7) 目标小区资源准入成功后，向源 eNodeB 发送“切换请求确认”消息，指示切换准备工作完成，“切换请求确认”消息包含目标 eNodeB UE_X2AP_ID、源 eNodeB UE_X2AP_ID、新建 EPS 承载上/下行数据传送的地址、目标侧分配的专用接入签名等参数。

(8) 源 eNodeB 将分配的专用接入签名配置给 UE，向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration 消息命令 UE 执行切换动作。

(9) UE 向目标 eNodeB 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息指示 UE 已经接入新小区，表示 UE 已经切换到了目标侧。同时，开始进行切换期间的业务数据转发。

(10) 目标 eNodeB 向 MME 发送 PATH SWITCH REQUEST 消息请求，请求 MME 更新业务数据通道的节点地址，通知 MME 切换业务数据的接续路径，从源 eNodeB 到目标 eNodeB 消息中包含源侧的 MME UE_S1AP_ID、目标侧分配的 eNodeB UE_S1AP、EPS 承载在目标侧将使用的下行地址。

(11) MME 成功更新数据通道节点地址，向目标 eNodeB 发送 PATH SWITCH REQUEST ACKNOWLEDGE 消息，表示可以在新的 SAE bearers 上进行业务通信。

(12) UE 已经接入新小区，并且在新小区能够进行业务通信，需要释放在源小区所

占用的资源，目标 eNodeB 向源 eNodeB 发送 UE CONTEXT RELEASE 消息。

(13) 源 eNodeB 释放该 UE 的上下文，包括空口资源和 SAE bearers 资源。

3. S1 的切换流程

S1 的切换流程与 X2 的切换流程类似，如图 2-23 所示，不过所有的站间交互信令及数据转发都需要通过 S1 口到核心网进行转发，时延比 X2 口略大。

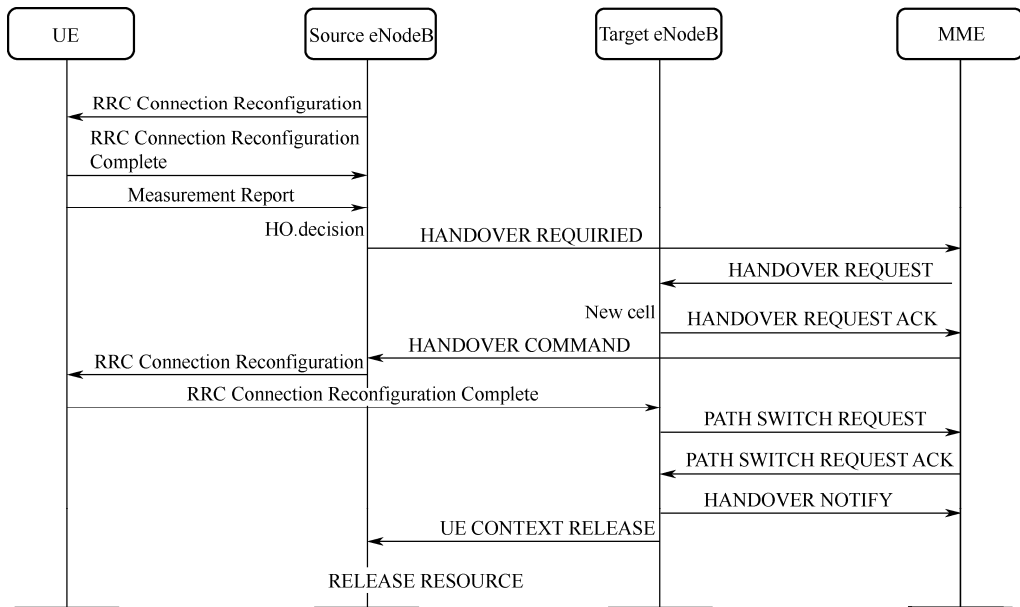


图 2-23 基于 S1 的切换流程

当如下条件中的任何一个成立时，会触发 S1 口的 eNodeB 间切换：

- (1) 源 eNodeB 和目标 eNodeB 之间不存在 X2 口。
- (2) 源 eNodeB 尝试通过 X2 口切换，但被目标 eNodeB 拒绝。

S1 的切换流程也分为切换准备过程、切换执行过程和切换完成过程，分别介绍如下：

(1) 切换判决之前的流程与 X2 切换相同。

(2) 源 eNodeB 通过 S1 口的 HANOVER REQUIRED 消息发起切换请求，消息中包含 MME UE_S1AP_ID、源侧分配的 eNodeB UE_S1AP_ID 等信息。

(3) MME 向目标 eNodeB 发送 HANOVER REQUEST 消息，消息中包括 MME 分配的 MME UE_S1AP_ID、需要建立的 EPS 列表及每个 EPS 承载对应的核心网侧数据传送的地址等参数。

(4) 目标 eNodeB 分配目标侧的资源后，进行切入的承载接纳处理，如果资源满足，小区接入允许就给 MME 发送 HANOVER REQUEST ACKNOWLEDGE 消息，包含目标侧分配的 eNodeB UE_S1AP_ID、接纳成功的 EPS 承载对应的 eNodeB 侧数据传送的地址等参数。

(5) 源 eNodeB 收到 HANOVER COMMAND，获知接纳成功的承载信息及切换期间业务数据转发的目标侧地址。

(6) 源 eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration 消息，指示 UE 切换指定的小区。

(7) 源 eNodeB 通过 eNodeB Status Transfer 消息, MME 通过 MME Status Transfer 消息, 将 PDCP 序号通过 MME 从源 eNodeB 传递到目标 eNodeB。目标 eNodeB 收到 UE 发送的 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息, 表明切换成功。

(8) 目标 eNodeB 向 MME 发送 PATH SWITCH REQUEST 消息请求, 请求 MME 更新业务数据通道的节点地址, 通知 MME 切换业务数据的接续通道, 从源 eNodeB 到目标 eNodeB, 消息中包含源侧的 MME UE_S1AP_ID、目标侧分配的 eNodeB UE S1AP、EPS 承载在目标侧将使用的下行地址。

(9) MME 成功更新数据通道节点地址, 向目标 eNodeB 发送 PATH SWITCH REQUEST ACKNOWLEDGE 消息, 表示可以在新的 SAE bearers 上进行业务通信。

(10) 目标侧 eNodeB 发送 HANDOVER NOTIFY 消息, 通知 MME 目标侧 UE 已经成功接入。

(11) 源 eNodeB 收到“UE CONTEXT RELEASE COMMAND”消息后开始进入释放资源的流程。



判断题

1. 当 eNodeB 之间不能执行 X2 切换时就执行 S1 切换。 ()

答案: √

解析: eNodeB 之间的切换, 有 X2 口时, 执行 X2 切换; 没有 X2 口时, 则执行 S1 切换。

2. 跨 X2 口切换为软切换, 跨 S1 口切换为硬切换。 ()

答案: ×

解析: LTE 系统中没有软切换, 都是硬切换。



单选题

1. LTE 系统中, 系统内的切换命令是通过 () 消息下发的。

- A. RRC CONNECTION REQUEST
- B. RRC CONNECTION RECONFIGURATION
- C. RRC CONNECTION SETUP
- D. MEASUREMENT CONTROL

答案: B

解析: LTE 系统中, RRC 重配置消息可以包含测量控制命令、切换命令、空口资源配置命令等信息, 在日常工作中需要进行区别对待。

2. LTE 的测量报告中, () 表示服务小区信号质量高于一定门限值, eNodeB 停止异频/异系统测量。

- A. Event A1
- B. Event A2
- C. Event A3
- D. Event A4

答案: A

解析: A2 事件是表示服务小区信号质量低于一定门限值时, 启动异频/异系统测量; A3 或 A4 事件用于 LTE 系统内切换判决。

3. 以下哪个参数用于切换控制? ()

- A. sIntraSearch
- B. sNonintraSearch
- C. eventA3Offset
- D. ThreshXLow "

答案：C

解析：其他选项均是小区重选参数。



多选题

1. 下面切换中，需要核心网参与的是（ ）。

A. eNodeB 站内切换

B. eNodeB 间 X2 口切换

C. eNodeB 间 S1 口切换

D. 跨 MME 的切换

答案：CD

解析：站内切换及基于 X2 口的切换均不需要核心网参与。

2. 以下哪些定时器与 LTE 系统的切换有关？（ ）

A. T303

B. T304

C. T310

D. T311

答案：BC

解析：T304、T310 的定时器与 LTE 系统的切换有关。

2.2.9 去附着流程

考点介绍

去附着的主要场景和关键参数。

去附着的信令过程。

当用户主动关机或 UE 电池电量将耗尽时，UE 会发起去附着流程，来通知网络释放其保存的该 UE 的所有资源。

需要注意的是，空闲状态和连接状态下发起关机去附着的区别与上文 TAU 流程相同。去附着流程可分为 IDLE 态下关机去附着（如图 2-24 所示）和 CONNECTED 态下关机去附着（如图 2-25 所示）两种流程。详细的流程图和说明如下。

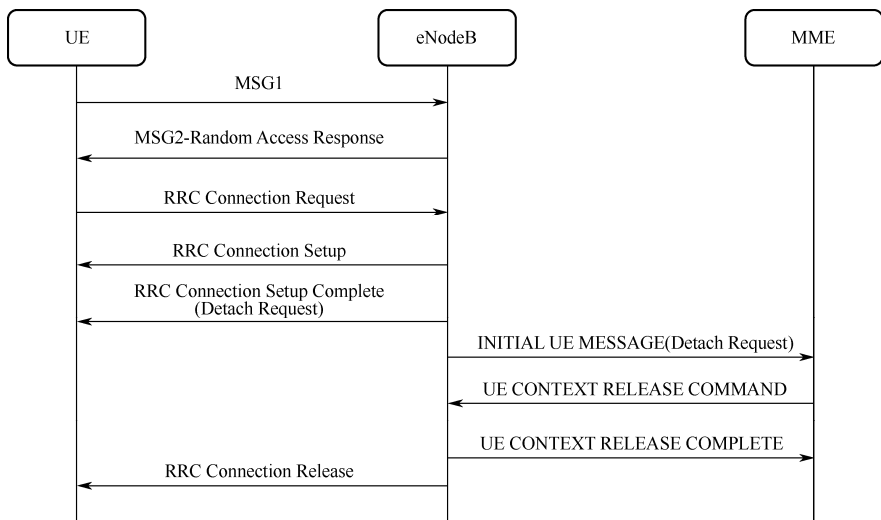


图 2-24 IDLE 态下关机去附着流程

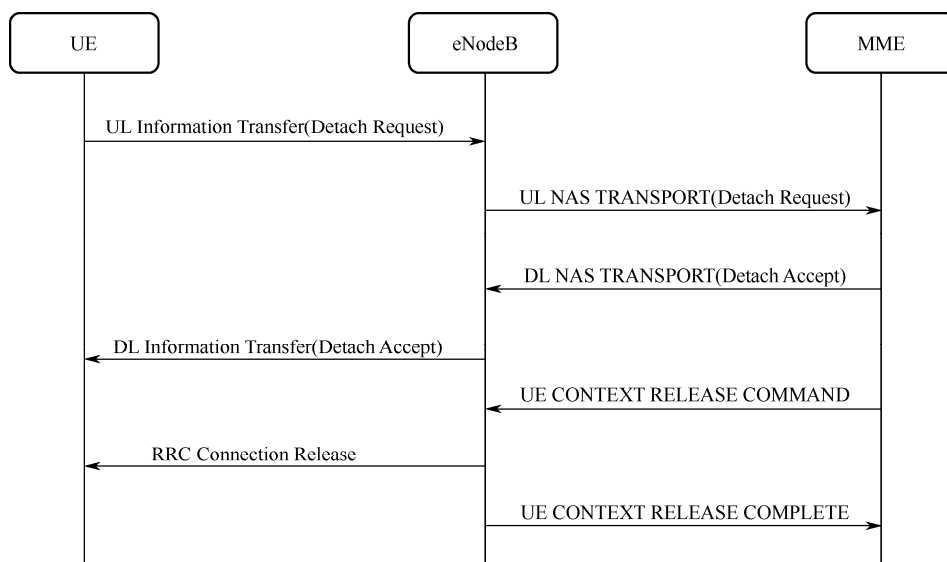


图 2-25 CONNECTED 态下关机去附着流程

1. IDLE 态下关机去附着流程

- (1) 处在 RRC_IDLE 态的 UE 进行 Detach 过程, 发起随机接入流程, 即 MSG1 消息。
- (2) eNodeB 检测到 MSG1 消息后, 向 UE 发送随机接入响应消息, 即 MSG2 消息。
- (3) UE 收到随机接入响应后, 根据 MSG2 的 TA 调整上行发送时间, 向 eNodeB 发送 RRC Connection Request 消息。
- (4) eNodeB 向 UE 发送 RRC Connection Setup 消息, 包含建立 SRB1 信令承载信息和无线资源配置信息。
- (5) UE 完成 SRB1 承载和无线资源配置, 向 eNodeB 发送 RRC Connection Setup Complete 消息, 包含 NAS 层的 Detach Request 消息, Detach Request 消息中包括 Switch Off 信息。
- (6) eNodeB 选择 MME, 向 MME 发送 INITIAL UE MESSAGE 消息, 包含 NAS 层 Detach Request 消息。
- (7) MME 向 eNodeB 发送 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息, 请求 eNodeB 释放 UE 上下文信息。
- (8) eNodeB 接收到 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息, 释放 UE 上下文信息, 向 MME 发送 UE CONTEXT RELEASE COMPLETE 消息进行响应, 并向 UE 发送 RRC Connection Release 消息, 释放 RRC 连接。

2. CONNECTED 态下关机去附着流程

- (1) 在 RRC_CONNECTED 态中的 UE 进行 Detach 过程, 向 eNodeB 发送 UL Information Transfer 消息, 包含 NAS 层 Detach Request 消息。
- (2) eNodeB 向 MME 发送上行直传 UL NAS TRANSPORT 消息, 包含 NAS 层 Detach Request 消息。
- (3) MME 向 eNodeB 发送 DL NAS TRANSPORT 消息, 包含 NAS 层 Detach Accept 消息。

(4) eNodeB 向 UE 发送 DL Information Transfer 消息, 包含 NAS 层 Detach Accept 消息; Detach Request 消息中包括 Switch Off 信息。

(5) MME 向 eNodeB 发送 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息, 请求 eNodeB 释放 UE 上下文信息。

(6) eNodeB 接收到 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息, 向 UE 发送 RRC Connection Release 消息, 释放 RRC 连接。

(7) eNodeB 释放 UE 上下文信息, 向 MME 发送 UE CONTEXT RELEASE COMPLETE 消息进行响应。



判断题

空闲态下关机去附着流程都要先进行空口的随机接入流程。 ()

答案: √

解析: 空闲态下 UE 需要与网络侧有任何信息交互时, 都需要先进行空口随机接入。



单选题

1. LTE/EPC 网络的去附着流程可由 () 实体发起。

- A. UE B. MME C. HSS D. 以上都对

答案: D

解析: UE 可以主动去附着, MME/HSS 由于网络侧的应用需求也可让用户被动去附着。

2. 以下不属于移动性管理的流程是 ()。

- A. TA 更新 B. 分离 (Detach) C. 附着 (Attach) D. PCC 策略控制

答案: D

解析: PCC 策略控制不属于移动性管理。



多选题

1. LTE/EPC 网络的去附着流程可由 () 发起。

- A. UE B. MME C. HSS D. eNodeB

答案: ABC

解析: LTE/EPC 网络的去附着流程可由 UE、MME、HSS 发起。

2. NAS 信令是 UE 和 MME 之间交互的信令, 下列哪些内容属于 NAS 承载的范围。()

- A. SAE 控制信息 B. 移动性管理信息
C. 安全机制配置和控制 D. 无线资源控制

答案: ABC

解析: 无线资源控制主要是 UE 和 eNodeB 之间交互的信令。UE 和 MME 之间交互的 NAS 信令包括 SAE 控制信息、移动性管理信息、安全机制配置和控制。

第 3 章 EPC 知识概述

3.1 EPC 网络结构

考点介绍

EPC 中的主要网元。

网元间的接口。

EPC 中的核心网如图 3-1 所示，由移动性管理实体（MME）、服务网关（SGW）、PDN 网关（PGW）、用于存储用户签约信息的 HSS（归属用户服务器），以及策略控制和计费规则单元（PCRF）等组成。

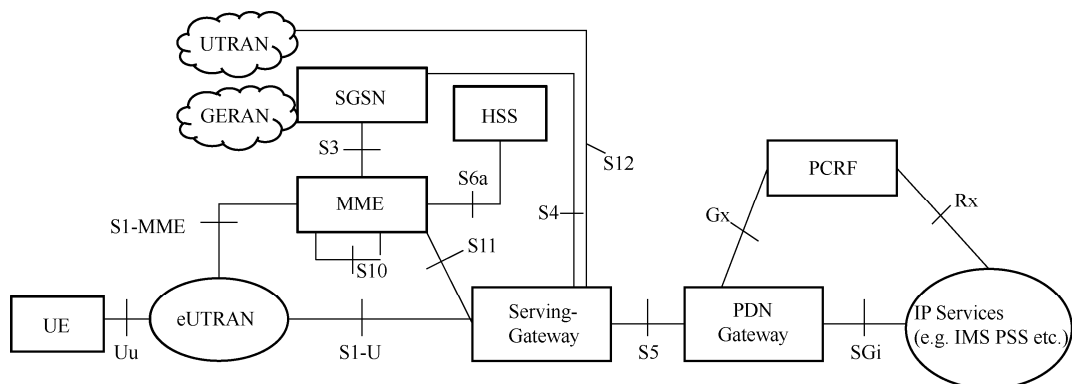


图 3-1 EPC 中的核心网

EPC 是一个提供全 IP 连接的承载网络，对所有基于 IP 的业务都是开放的，能提供所有基于 IP 业务的能力集。



填空题

LTE 采用扁平化、IP 化的网络结构，eUTRAN 由_____构成，EPC 主要由 SGW、_____、_____等构成。

答案：eNodeB、HSS、MME

解析：eUTRAN（Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network）由多个 eNodeB（Evolved NodeB，演进的 NodeB）组成；EPC 中的核心网由移动性管理实体（MME）、服务网关（SGW）、PDN 网关（PGW）、用于存储用户签约信息的 HSS（归属用户服务器），以及策略控制和计费规则单元（PCRF）等组成。其中，MME 是 EPC 的重要组成部分，是

3GPP 协议 LTE 接入网络的关键控制节点，主要起移动性管理、承载管理等控制面的作用。



多选题

1. LTE 网络支持以下哪几种池？（ ）

- A. SGSN 池 B. MME 池 C. SGW 池 D. PGW 池

答案：BC

解析：LTE 支持 MME 池、SGW 池。

2. SGW 与 PGW 之间的接口是（ ）。

- A. S1 B. S3 C. S5 D. S8

答案：CD

解析：SGW 与 PGW 之间的接口是 S5 和 S8。相同 PLMN 的 SGW 和 PGW 的接口是 S5，不同 PLMN 的 SGW 和 PGW 的接口是 S8。

3. EPC 系统的特点是（ ）。

- A. 核心网无电路域 B. 控制和承载分离、网络结构扁平化
C. 基于全 IP 架构 D. 支持多种接入方式，永远在线

答案：ABCD

解析：无电路域，控制和承载分离、网络结构扁平化，基于全 IP 架构，支持多种接入方式，永远在线，这些都属于 LTE 核心网的特点。

3.2 关键网元功能

考 点 介 绍

MME 的主要功能。

SGW 的主要功能。

PGW 的主要功能。

HSS 的作用。

PCRF 的作用。

MME 的主要功能如下。

- (1) 非接入层信令的加密与完整性保护。
- (2) 跟踪区域 (TA) 列表的管理。
- (3) 寻呼消息的分发。
- (4) 对 AS 接入层的安全控制。
- (5) 空闲状态的移动性管理。
- (6) SAE 承载管理和控制。

SGW 是终止 eUTRAN 接口的网关，其主要功能如下。

- (1) 终结由于寻呼原因产生的用户面数据包。
- (2) 支持由于 UE 移动性产生的用户面切换，进行 eNodeB 间切换时，作为本地锚定点进行数据包的路由和前转，并协助完成 eNodeB 的重排序功能。

- (3) 执行合法侦听功能。
- (4) 在上行和下行传输层进行分组标记。
- (5) 用于运营商间的计费等。

PGW 是面向 PDN 终结于 SGI 接口的网关, 如果 UE 访问多个 PDN, 则 UE 将对应一个或多个 PGW。PGW 的主要功能如下。

- (1) 基于用户的包过滤功能。
- (2) 合法侦听功能。
- (3) UE 的 IP 地址分配功能。
- (4) 在上行链路中进行数据包传送级标记。
- (5) 进行上/下行服务等级计费及服务水平门限的控制。
- (6) 进行基于业务的上/下行速率的控制等。

HSS 是用于存储用户签约信息的数据库, 归属网络中可以包含一个或多个 HSS。HSS 负责保存跟用户相关的信息, 如用户标识、编号和路由信息、安全信息、位置信息、概要信息等。

PCRF (策略控制和计费规则单元) 终结于 Rx 接口和 Gx 接口, 非漫游场景时, 在 Home PLMN 中, 只有一个 PCRF 跟 UE 的一个 IP-CAN 会话相关; 在漫游场景时, 可能会有两个 PCRF 跟一个 UE 的 IP-CAN 会话相关。



填空题

在 EPC 系统中, PCRF 终结于 Rx 接口和 Gx 接口, 它的两个主要功能是_____和_____。

答案: 策略控制、计费规则

解析: PCRF (Policy and Charging Rule Function) 是策略控制和计费规则单元。该功能实体包含策略控制决策和基于数据流计费控制的功能。PCRF 接收来自 PCEF、SPR 和 AF 的输入, 向 PCEF 提供关于业务数据流检测、基于 QoS 和基于数据流计费的网络控制功能。



判断题

1. HSS 是用于存储用户签约信息的数据库, 归属网络中只能是一个 HSS。 ()

答案: ×

解析: HSS 是用于存储用户签约信息的数据库, 归属网络中可以包含一个或多个 HSS。HSS 负责保存跟用户相关的信息, 如用户标识、编号和路由信息、安全信息、位置信息、概要信息等。

2. UE 的 IP 地址由 SGW 统一分配。 ()

答案: ×

解析: SGW 主要负责用户面处理, 负责数据包的路由和转发等功能; PGW 的主要功能包括基于用户的包过滤功能、合法侦听功能和 UE 的 IP 地址分配功能。



单选题

1. LTE/EPC 网络中, () 负责 UE 的移动性管理。

A. SGW

B. PGW

C. MME

D. eNodeB

答案: C

解析: LTE/EPC 网络中, MME 负责 UE 的移动性管理。

2. () 节点在 UE 开机附着过程中为其分配 IP 地址。

A. eNodeB

B. MME

C. SGW

D. PGW

答案: D

解析: 在 UE 开机附着过程中, PGW 节点为其分配 IP 地址。

3. 以下哪个功能不是 MME 的功能? ()

A. NAS 信令处理

B. TA List 管理

C. 合法监听

D. 漫游控制

答案: C

解析: MME 是控制面的功能, 用户面的功能主要由 SGW 和 PGW 来负责。合法监听需要在用户面进行。

4. 下列 () 负责对 NAS 非接入层信令进行加密和完整性保护。

A. UE

B. eNodeB

C. MME

D. SGW

答案: C

解析: MME 负责对 NAS 非接入层信令进行加密和完整性保护。

5. eNodeB 怎样找到 MME? ()

A. 通过 eNodeB 上的配置数据

B. 通过 DNS

C. MME 上配置了 eNodeB 的 IP 地址, MME 周期性地向 eNodeB 宣告自己的 IP 地址

D. 通过查询 HSS

答案: B

解析: eNodeB 通过 DNS 找到 MME。



多选题

2G/3G 网络中 SGSN 的功能在 4G 网络中由 () 完成。

A. MME

B. SGW

C. HSS

D. eNodeB

答案: AB

解析: LTE 中控制和承载分离。2G/3G 网络中 SGSN 的功能在 4G 网络中分别承载在控制面设备 MME 和用户面设备 SGW 上。



简答题

eNodeB 和 MME 的主要功能分别有哪些?

解答: eNodeB 的主要功能:

(1) 无线资源管理。

(2) IP 头压缩和用户数据流加密。

(3) UE 附着时的 MME 选择。

(4) 用户面数据向 SGW 的路由。

(5) 寻呼消息和广播消息的调度和发送。

(6) 移动性测量和测量报告的配置。

MME 的主要功能:

(1) 分发寻呼消息给 eNodeB。

(2) 安全控制。

(3) 空闲状态的移动性管理。

(4) SAE 承载控制。

(5) 非接入层 (NAS) 信令的加密及完整性保护。

3.3 关键接口

考点介绍

EPC 关键接口的协议及作用。

EPC 关键接口如表 3-1 所示。

表 3-1 EPC 关键接口

接 口	协 议	协 议 号	相 关 实 体	接 口 功 能
S1-MME	S1AP	36.413	eNodeB-MME	用于传送会话管理 (SM) 和移动性管理 (MM) 信息
S1-U	GTPv1	29.060	eNodeB-SGW	在 GW 与 eNodeB 设备之间建立隧道, 传送数据包
S11	GTPv2	29.274	MME-SGW	采用 GTP 协议, 在 MME 和 SGW 设备之间建立隧道, 传送信令
S3	GTPv2	29.274	MME-SGSN	采用 GTP 协议, 在 MME 和 SGSN 设备之间建立隧道, 传送信令
S4	GTPv2	29.274	SGW-SGSN	采用 GTP 协议, 在 SGW 和 SGSN 设备之间建立隧道, 传送数据和信令
S6a	Diameter	29.272	MME-HSS	完成用户位置信息的交换和用户签约信息的管理
S10	GTPv2	29.274	MME-MME	采用 GTP 协议, 在 MME 设备间建立隧道, 传送信令
S12	GTPv1	29.060	SGW-UTRAN	在 UTRAN 与 SGW 之间建立隧道, 传送数据
S2a/S2b/ S2c	PMIPv6/MIP v4/DSMIPv6	RFC5213	PGW-Trusted Non-3GPP IP Access	用于传送非 3GPP 接入的业务信息
S5/S8	GTPv2	29.274	SGW-PGW	采用 GTP 协议, 在 SGM 和 PGW 设备间建立隧道, 传送数据包



填空题

1. HLR 与 SGSN 之间的接口协议是_____, HSS 与 MME 之间的接口协议是_____。

答案：MAP、Diameter

解析：HLR 与 SGSN 之间的接口协议是 MAP，EPC HSS 与 MME 之间的接口协议是 Diameter。

2. AF 通过_____接口与 PCRF 交互。

答案：Rx

解析：AF 通过 Rx 接口与 PCRF 交互。

3. SGW 和 PGW 之间的 S5/S8 接口是基于_____协议实现的。

答案：GTPv2

解析：SGW 和 PGW 之间的 S5/S8 接口是基于 GTPv2 协议实现的。

4. 实现 CSFB 功能的关键在于，MSC Server 能够建立起与 MME 之间的_____接口，以便实现语音业务回落到 UTRAN/GERAN。

答案：SGS

解析：MSC Server 能够建立起与 MME 之间的 SGS 接口，用来支撑 CSFB 功能。



单选题

1. 3GPP R8 版本的 SGSN 与 MME 之间的接口是（ ）。

A. S3 B. S4 C. S6 D. S12

答案：A

解析：SGSN 与 MME 之间的接口是 S3。

2. EPC/LTE 的所有接口都基于（ ）协议。

A. SCTP B. UDP C. GGP D. IP

答案：D

解析：EPC/LTE 的所有接口都基于 IP 协议。

3. 在基于 X2 口的切换中，由（ ）负责通知 SGW 修改承载。

A. 源 eNodeB B. MME C. PGW D. 目标 eNodeB

答案：B

解析：基于 X2 口的切换中，由 MME 负责通知 SGW 修改承载。

4. PCRF 通过（ ）接口向 PGW 下发策略。

A. S1 B. S6a C. S11 D. Gx

答案：D

解析：PCRF 通过 Gx 接口向 PGW 下发策略。

5. eNodeB 和 SGW 之间使用哪种协议？（ ）

A. S1AP B. X2AP C. GTP-U D. GTP-C

答案：C

解析：eNodeB 和 SGW 之间属于用户面协议，使用 GTP-U 协议。

6. 3G 与 4G 共存网络，RNC 与 SGW 之间的接口为（ ）。

A. S3 B. S5 C. S8 D. S12

答案：D

解析：3G 与 4G 共存网络，RNC 与 SGW 之间的接口为 S12。

7. 3GPP R8 版本 SGSN 与 SGW 之间的接口是 ()。

- A. S3 B. X1 C. S4 D. S8

答案: C

解析: SGSN 与 SGW 之间的接口是 S4。



多选题

1. LTE/EPC 网络中, 使用到的协议有 ()。

- A. MAP B. GTP-C C. GTP-U D. S1AP

答案: BCD

解析: MAP 协议属于 2G、3G 时期的协议, 其他都是 LTE 网络的协议。

2. EPC 网络的重要逻辑接口, 在传输层主要采用的是 () 协议。

- A. MTP1 B. UDP C. SCTP D. MTP2

答案: BC

解析: EPC 网络的重要逻辑接口, 在传输层主要采用的是 UDP 和 SCTP 协议。

3. LTE/EPC 网络中哪些接口的控制面会使用 GTP-C? ()。

- A. S1 B. S5 C. S8 D. S11

答案: BCD

解析: S1 控制面 IP 层以上的协议是 SCTP, S5、S8、S11 使用的是 GTP-C。

4. LTE/EPC 网络中哪些接口的用户面使用 GTP-U? ()

- A. S1 B. S5 C. S8 D. Uu

答案: ABC

解析: Uu 口没有属于 L3 层的协议, 用户面使用 GTP-U 的有 S1、S5、S8。

5. S6a 接口上的信令流程包括 ()。

- A. 位置管理流程 B. 用户数据处理流程
C. 鉴权流程 D. 周期 TA 更新流程

答案: ABC

解析: S6a 接口位于 MME 与 HSS 之间, 主要交互用户签约数据和认证数据。该接口的主要协议为 Diameter 协议。签约数据包括用户标识 (IMSI、MSISDN 等)、签约业务 APN、服务等级 QoS、接入限制 ARD、用户位置、漫游限制等信息, 该类信息通过 S6a 接口的位置更新、插入用户数据等操作进行交互; 认证数据包括鉴权参数 (Rand、Res、Kasme、AUTN 四元组), 该类信息通过 S6a 接口的鉴权操作进行交互。S6a 不包括 TA 更新流程。

3.4 网络标识

考点介绍

EPS Bearer ID 标识。

GUTI 标识。

TAI 和 TA List。

IMSI 的作用。

EPS Bearer ID: 用于唯一标识 UE 接入 eUTRAN 的一个 EPS 承载, 在 UE、MME、SGSN、SGW、PGW 中保存, 由 MME 分配。

GUTI 标识: 在 eUTRAN 接入时, 提供一个 UE 临时全球唯一标识, 在大多数 UE 和 MME 的交互信令中标识 UE, 由 MME 分配。

TAI 和 TA List: TAI 用于标识跟踪区域, TA List 由 MME 分配。UE 在一个 TA List 内的 TA 间移动的时候不需要发起 TAU。

IMSI: 用户的永久标识, 能够唯一标识 UE, 一般不在 UE 和 MME 之间直接交互, 而是用 GUTI 代替。IMSI 由运营商分配。



填空题

_____用来标识跟踪区, 由 MCC、MNC 和_____三部分组成。

答案: TAI、TAC

解析: TAI 用来标识跟踪区, 由 MCC、MNC 和 TAC 三部分组成。



单选题

1. 以下哪个参数是 LTE 中的跟踪区标识? ()

- A. TAI B. IMSI C. GBR D. GUTI

答案: A

解析: TAI 是跟踪区标识; IMSI 是用户的永久标识, 能够唯一标识 UE; GBR 属于 QoS 参数; GUTI 在 eUTRAN 接入时提供一个 UE 临时全球唯一标识。

2. LTE/EPC 网络中寻呼手机用的标识是 ()。

- A. GUTI B. P-TMSI C. GUMMEI D. S-TMSI

答案: D

解析: LTE/EPC 网络中寻呼手机用的标识是 S-TMSI。

3. 在大多数 UE 和 MME 的交互信令中, 标识 UE 用 ()。

- A. TAI B. IMSI C. GBR D. GUTI

答案: D

解析: 在 eUTRAN 接入时, 由 MME 分配一个 UE 临时全球唯一标识 GUTI, 用于在大多数 UE 和 MME 的交互信令中标识 UE。

4. EPS Bearer ID: 用于唯一标识 UE 接入 eUTRAN 的一个 EPS 承载, 由 () 分配。

- A. eNodeB B. MME C. SGW D. 运营商

答案: B

解析: EPS Bearer ID: 用于唯一标识 UE 接入 eUTRAN 的一个 EPS 承载, 在 UE、MME、SGSN、SGW、PGW 中保存, 由 MME 分配。

第 4 章 VoLTE 关键技术

4.1 LTE 语音业务承载的演进

考 点 介 绍

LTE 语音业务承载的演进。

CSFB、SvLTE、VoLTE 各自的优缺点。

LTE 网络在部署 VoLTE 之前不支持语音业务，LTE 用户发起语音业务需承载在 2G/3G 上，采用 CSFB 语音回落或 SvLTE 单卡双待方案解决。

CSFB 语音回落方案是手机平常在 LTE 网络待机，有电话接打就断开手机与 LTE 网络的连接，信号回落到 2G/3G 完成语音通话，语音和 4G 数据业务不能同时进行。

单卡双待手机同时在 2G、3G 和 4G 待机，语音和 4G 数据业务可同时进行，互不影响。

VoLTE 是上层应用 IMS 协议，下层使用 LTE 作为承载的一种方案，用户可同时使用 4G 语音和数据服务。



填空题

LTE 时代，实现语音业务的方案有_____、_____、_____。

答案：CSFB、SvLTE、VoLTE

解析：LTE 时代，提供语音业务有 3 种方式。CSFB 利用 2G 的电路域来完成后续语音呼叫流程；SvLTE 是语音和数据双待机的方式，在 GSM 网络中接听和拨打电话，而在 LTE 网络中接收和发送数据业务；VoLTE 利用 LTE 承载宽带语音，需要新建 IMS 域的网元。



判断题

1. 4G 高清语音与其他没有开通 4G 高清语音的用户可以直接通话。 ()

答案：√

解析：4G 高清语音用户在建立语音信道时，一般并不考虑被叫用户的语音编码能力，先建立高速率无线承载，待与对端核心网进行速率协商之后，再按照实际情况进行信道速率重配置的步骤，以节约空口资源。

2. LTE 系统只支持 PS 域、不支持 CS 域，语音业务在 LTE 系统中主要通过 VoIP 业务来实现。 ()

答案：√

解析：语音业务在 LTE 系统中主要通过 VoIP 业务来实现，即 VoLTE。



简答题

为什么 LTE/EPC 核心网络没有针对电路域核心网络节点的演进？

解答：

- (1) 数据业务是行业的发展趋势与未来。
- (2) 语音业务可以作为有一种有特殊 QoS 要求的数据业务承载于 EPC 网络之上。
- (3) 当前的 IMS 技术针对 VoIP 的语音已经成熟，并且 VoIP 的语音编码宽带化，提供的语音更清晰，质量更高，所以使用单一的 PS 域完全可以满足语音的需求。

4.2 IMS 网络实体

考点介绍

VoLTE 系统的组成。

IMS 各网络实体的作用。

VoLTE 系统由终端域、LTE 无线网域、EPC 核心网域（含 PCC）、IMS 域组成。如图 4-1 所示。

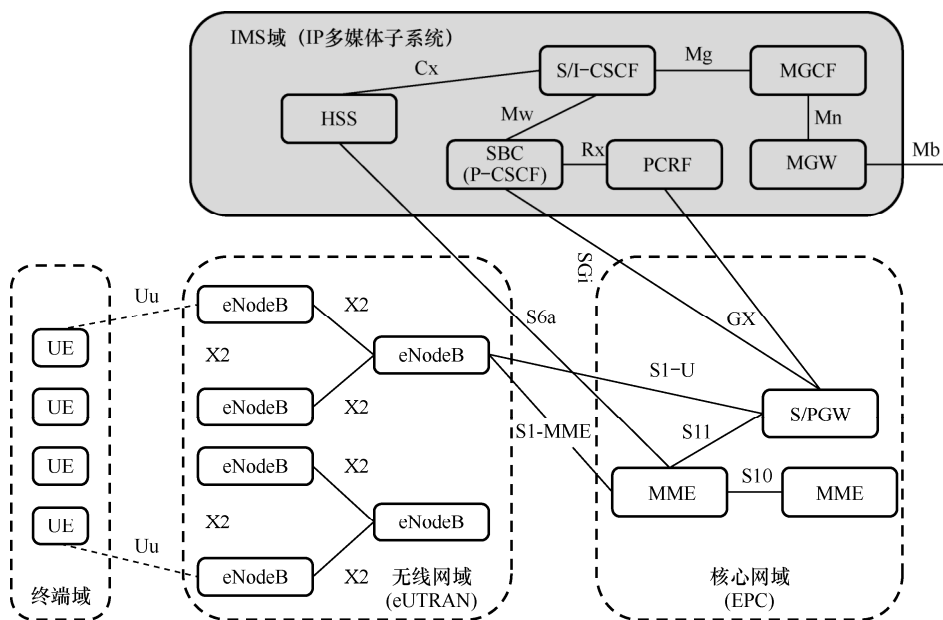


图 4-1 VoLTE 网络结构及接口

LTE 无线网域负责为 VoLTE 用户提供无线接入，EPC 核心网域负责为 VoLTE 用户建立满足 QoS 要求的媒体承载通道；IMS 系统负责用户呼叫接续和业务控制。

VoLTE 网络实体功能可参考表 4-1。

表 4-1 VoLTE 网络实体功能

网络实体	英文全称	中文名称	功能描述
PCC	Policy and Charging Control	策略与计费控制	提供策略控制、计费控制、业务数据流的事件报告等功能
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function	策略和计费执行功能	主要包含业务数据流的检测、策略执行和基于数据流的计费功能
PCRF	Policy and Charging Rule Function	策略和计费规则功能	包含策略控制决策和基于数据流计费控制的功能
DRA	Diameter Routing Agent	路由代理	下一代信令网，可以真正实现未来核心网的逐步扩展，简化网络，实现快速部署、高效维护及增强网络安全
SBC	Session Border Control	会话边界控制器	IMS 网络中一个重要的网络节点，其位于 IMS 网络边界，起着将终端用户接入 IMS 核心网的重要作用
S-CSCF	Serving Call Session Control Function	服务会话控制功能	S-CSCF 是 IMS 的核心所在，位于归属网络，为 UE 进行会话控制和注册请求，当 UE 处于会话中时，S-CSCF 处理网络中的会话状态
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function	代理会话控制功能	P-CSCF 是 IMS 中用户的第一个联系点（在信令平面），负责验证请求，将它转发给指定的目标，并且处理和转发响应
I-CSCF	Interrogating Call Session Control Function	协商会话控制功能	I-CSCF 是一个运营商网络内部的接触点，所有与这个网络运营商的用户连接都要经过这个实体
MGCF	Multimedia Gateway Control Function	多媒体网关控制功能	在 ISDN 部分（ISUP）和 IMS 呼叫控制协议之间执行协议转换
MGW	Multimedia Gateway	IP 多媒体网关	负责 IMS 与 PSTN/CS 域之间的媒体流互通，提供 CS CN 网络和 IMS 之间的用户面链路，支持 PSTN/电路域 TDM 承载和 IMS 用户 IP 承载的转换
ATGW	Access Transfer Gateway	接入传输网关	在 SRVCC 切换过程中，保持当前会话路径，并在切换后重新接入
ATCF	Access Transfer Control Function	接入传输控制功能	用于控制 ESRVCC 中的 ATGW



填空题

_____位于 IMS 网络的边界，起着将终端用户接入 IMS 核心网的重要作用。

答案：SBC

解析：SBC 是会话边界控制器，是 IMS 网络中一个重要的网络节点，是终端用户接入到 IMS 核心网的第一站。



单选题

（ ）负责把 IMS 网络中的 SIP 信令转化为 ISUP 信令，或者把 ISUP 信令转化为 SIP 信令。

A. MME

B. MGCF

C. DRA

D. PCRF

答案：B

解析：MGCF 负责在 ISDN 部分（ISUP）和 IMS 呼机控制协议之间执行协议转换。MME 不属于 IMS 系统。DRA 是路由代理，PCRF 是策略和计费规则功能。

4.3 IMS 网络接口

考 点 介 绍

IMS 内网元之间的接口和协议。

IMS 网元与 EPC 网元的接口和协议。

各网络功能实体和网元之间通过网络接口进行数据和信令传输，保障 VoLTE 功能的实现。各接口所在位置可以参考图 4-1，各接口类型、连接网元、承载协议可以参考表 4-2。

表 4-2 IMS 网络接口

功 能 域	接 口 名 称	接 口 类 型	连 接 网 元	承 载 协 议
分组域	SGi	数据	SAE GW-VoLTE SBC	应用层协议
	SLg	信令	MME-LSP (GMLC)	Diameter
	SLs	信令	MME-LSP (eSMLC)	SCTP
	Sv	信令	MME-eMSC	GTP
PCC	Rx	信令	PCRF-VoLTE SBC	Diameter
	Gx	信令	PCRF-SAE GW	Diameter
IMS 域	Gm	信令	VoLTE UE-VoLTE SBC	SIP
	Mw	信令	VoLTE SBC-xCSCF	SIP
	Mx	信令	xCSCF-IBCF	SIP
	Mg	信令	I-CSCF/S-CSCF-MGCF	SIP
	Mj	信令	BGCF-MGCF	SIP
	Mw/I2	信令	xCSCF-eMSC	SIP
	ISC	信令	xCSCF-IMS AS	SIP
	Ut	信令	VoLTE UE/VoLTE AS-业务配置代理网关	XCAP
用户数据	Cx	信令	三合一 HSS-xCSCF	Diameter
	Sh	信令	三合一 HSS-IMS AS	Diameter
	Zh	信令	三合一 HSS-业务配置代理网关	Diameter
	SLh	信令	三合一 HSS-LSP	Diameter
	S6a	信令	三合一 HSS-MME	Diameter
	C/D	信令	三合一 HSS-eMSC/GMSC	MAP
	J	信令	三合一 HSS-IP-SM-GW	MAP
2G/3G 电路域	Nc	信令	MSC-MSC	BICC
	CAP	信令	IMS SSF/MSC-智能网 SCP	Camel
	Gr	信令	SGSN-三合一 HSS	MAP



填空题

PCRF 和 VoLTE SBC 之间的接口协议是_____，协议是_____。

答案：Rx、Diameter

解析：PCRF 和 VoLTE SBC 之间的接口协议是 Rx，协议是 Diameter。



单选题

HSS 与 IMS 主要网元通过（ ）接口互连，与 MME 通过（ ）接口来实现互连。与用户相关的信息调用需要通过这些接口来进行。

A. Mx/S6a

B. Sv/S11

C. Mw/Mg

D. Cx/S6a

答案：D

解析：HSS 与 IMS 主要网元通过 Cx 接口互连，与 MME 通过 S6a 接口来实现互连。与用户相关的信息调用需要通过这些接口来进行。

4.4 IMS 用户标识

考 点 介 绍

IMS 用户标识。

PVI 和 PUI 的作用。

IMS 网络中的用户标识分为两种：一种是私有用户标识（Private User Identity, PVI），另一种是公有用户标识（Public User Identity, PUI）。

私有用户标识是用户本身的，是不需要告知别人的，仅仅标识了用户的签约，而非用户本身，用户也是无须感知的，相当于移动 CS 域中的 IMSI 号码，对用户不可见。

公有用户标识是可以公开的，是需要告诉别人的，相当于移动 CS 域中的 MSISDN 号码，是用户对外公布的手机号码。



填空题

IMS 网络中的用户标识分为两种，分别为_____和_____。

答案：私有用户标识（PVI）、公有用户标识（PUI）

解析：IMS 网络中的用户标识分为两种：一种是私有用户标识（Private User Identity, PVI），另一种是公有用户标识（Public User Identity, PUI）。



判断题

公有用户标识对用户来说是无须感知的，相当于移动 CS 域中的 IMSI 号码。（ ）

答案：×

解析：私有用户标识是用户本身的，是不需要告知别人的，仅仅标识了用户的签约，而非用户本身，用户也是无须感知的，相当于移动 CS 域中的 IMSI 号码。公有用户标识是可以公开的，是需要告诉别人的，相当于移动 CS 域中的 MSISDN 号码，是用户对外公布的手机号码。

4.5 SIP/SDP

考点介绍

SIP/SDP 流的作用。

IMS 语音业务的应用流的组成。

在 VoLTE 控制面协议栈结构中，SIP/SDP 流建立在 UDP/IP 上，用于终端之间应用控制，SIP 流用于初始化一个 Session，并负责传输 SDP 包，而 SDP 包中描述了一个 Session 中包含哪些媒体数据、邀请人等。

SIP/SDP 流是传输 IMS 信令的，需要建立承载中优先级最高的传输 QCI=5，无线侧用户面 RLC 采用 AM 模式，保障其正确性。



单选题

下面关于 SIP/SDP 流说法正确的是（ ）。

- A. SIP/SDP 流是建立在 UDP/IP 上的
- B. SIP 流描述了一个 Session 中包含哪些媒体数据、邀请人等
- C. SDP 用于初始化一个 Session，并负责传输 SDP 包
- D. SIP/SDP 流是传输 IMS 信令的，无线侧用户面 RLC 采用 UM 模式

答案：A

解析：SIP 流用于初始化一个 Session，并负责传输 SDP 包；而 SDP 包中描述了一个 Session 中包含哪些媒体数据、邀请人等。选项 B、C 混淆了二者的作用。SIP/SDP 流是传输 IMS 信令的，为了保障其正确性，无线侧用户面 RLC 采用 AM 模式，而不是 UM 模式。SIP/SDP 流是建立在 UDP/IP 上的是正确的表述。



简答题

1. 基于 IMS 语音的应用流由哪三部分组成？

解答：

(1) SIP/SDP 流：SIP/SDP 建立在 UDP/IP 上，用于终端之间的应用控制。SIP 信令用于多媒体会话控制。

(2) RTP 流：语音载荷承载在终端之间的 RTP/UDP/IP 上。编码后的语音和负载描述符一起被装载在 RTP 的负载中。

(3) RTCP 流：在 UDP/IP 上的 RTCP 用于终端之间的媒体控制。它被用于向源端反馈的质量信息。

2. 语音业务和视频业务组合需要建立哪些承载？

解答：

语音业务承载组合：SRB1+SRB2+2xAM DRB+1xUM DRB，其中，UM DRB 的 QCI=1，2 个 AM DRB 的 QCI 分别为 QCI=5 和 QCI=8/9。

视频业务承载组合：SRB1+SRB2+2xAM DRB+2xUM DRB，其中，2 个 UM DRB 的 QCI 分别为 QCI=1 和 QCI=2，2 个 AM DRB 的 QCI 分别为 QCI=5 和 QCI=8/9。

目前，VoLTE 用户在 LTE 网络注册时先建立默认承载 QCI8/9，用于承载数据业务；后建立默认承载 QCI 5，用于承载 VoLTE 业务的 SIP 信令。

VoLTE 用户使用语音业务时还需要建立专用承载 QCI1，用于承载语音；VoLTE 用户使用视频业务时除了 QCI1 外，还需要建立 QCI2，用于承载视频，还需要支持 UE 要建立 RRC 链接信令承载建立 SRB1 和 SRB2。

3. 请从 VoLTE 用户角度简述 VoLTE 业务流建立及通话的过程（4G to 4G）。

解答：

主要流程如下：

- (1) 主叫 UE 建立 RRC 链接。
- (2) 主叫 UE 建立承载 IMS 信令的 ERAB。
- (3) 主叫 UE 发出 INVITE 消息给 IMS 网络。
- (4) IMS 网络将呼叫接续到被叫侧。
- (5) 当被叫用户处于 RRC-IDLE 态时，MME 寻呼被叫，触发被叫 UE 建立 RRC 链接及承载 IMS 信令的 ERAB。
- (6) 通过 IMS 信令协商会话所需的信息。
- (7) 主叫 UE 和被叫 UE 协商好信息后，主叫 UE 和被叫 UE 建立承载 VoLTE 语音包数据的 ERAB。
- (8) 被叫 UE 通过 IMS 信令向主叫发回铃声。
- (9) 被叫 UE 应答后，VoLTE 通话开始。
- (10) 主、被叫侧的 eNodeB 调度器对 VoLTE 业务进行调度，根据调度策略决定采用动态调度或半静态调度。

4.6 关键技术

4.6.1 TTI 绑定



TTI 绑定的原理。

TTI 绑定的作用及其使用场景。

TTI 绑定 (Transmission Time Interval Bundling) 就是把上行的几个连续的 TTI 绑定在一起, 时频资源分配给一个 UE, 这样对物理层速率的要求就会降低一些。绑定在一起的几个 TTI 发送的是相同内容 (同一个 TB (Transport Block)) 的不同 RV 版本, 而无须等待 ACK/NACK。当发送的 TB 都接收并处理完后, 将会发送一个联合的 ACK/NACK 做一个统一回应。

这样, 在接收端, 解码成功的概率就增加了很多, 误块率会降低很多。TTI 绑定可以提高小区边缘 UE 的上行语音业务的覆盖, 改善边缘用户语音业务的接收性能, 并减少控制信令开销, 最终提高用户的 VoLTE 语音体验。

TTI Bundling 功能通常在远点很低的 SINR 下被激活。在远点时, 普通调度通常会有很高的 HARQ 传输失败, 而 TTI Bundling 可以降低 BLER 和传输失败导致的延时, 从而提高用户的 VoLTE 体验。



判断题

TTI Bundling 是指几个连续子帧上传输同一个传输块, 这几个子帧绑定作为同一资源处理。因此, TTI Bundling 可减少调度信令开销。 ()

答案: √

解析: TTI Bundling 也称为子帧捆绑, 在连续的 4 个上行子帧发射同一个传输块, 可减少调度信令开销。



单选题

TTI Bundling 也称为子帧捆绑, 是 LTE 系统中一种特殊的调度方式, 它是针对处于小区边缘的 VoIP 用户而设计的。TTI Bundling 仅用于 ()。

- A. 上行 B. 下行 C. 上下行均用 D. 以上都不对

答案: A

解析: TTI Bundling 在连续的 4 个上行子帧发射同一个传输块, TTI Bundling 仅用于上行。



多选题

1. 下面哪种场景可以使用 TTI Bundling? ()

- A. 对于覆盖面积大的小区, 处于小区边缘的用户最好使用 TTI Bundling
B. 如果 SRS 的 SINR 很低, 则最好使用 TTI Bundling
C. 如果扇区中总的 UE 数较多 (如多于 10 个/MHz), 则处于小区边缘的用户最好使用 TTI Bundling
D. 如果 UE 的 RSRQ 和 RSRP 都很低, 则最好使用 TTI Bundling

答案: ABCD

解析: TTI 绑定可以提高小区边缘 UE 上行语音业务的覆盖, 适合在 RSRP、SINR、RSRQ 水平都较低的情况下减少控制信令开销, 提高用户的 VoLTE 语音体验。

2. TTI Bundling 也称为子帧捆绑, 是 LTE 系统中一种特殊的调度方式, 它是针对处于小区边缘的 VoIP 用户而设计的, 其定义是 ()。

- A. 在连续的 4 个上行子帧发射同一个传输块
- B. 且只在第一个 TTI 对应的发射时刻有 PDCCH
- C. 只在最后一个 TTI (即第 4 个 TTI) 对应的发射时刻有 PHICH
- D. 重传也是针对 4 个连续上行 TTI 发射

答案: ABCD

解析: TTI Bundling 在连续的 4 个上行子帧发射同一个传输块, 重传也是针对 4 个连续上行 TTI 发射, PDCCH 在第一个 TTI, PHICH 在最后一个 TTI 中。



简答题

简述 TTI Bundling 及其作用。

解答: TTI Bundling 是指几个连续子帧上传同一个传输块, 这几个子帧绑定作为同一资源处理, 因此 TTI Bundling 可减少调度信令开销。上行调度中, 在 UE 信道质量较差或者发射功率受限 (如处于小区边缘) 的情况下, 可以利用 TTI Bundling 功能来提高传输质量。是否使用 TTI Bundling 功能可通过参数控制。

在 TTI Bundling 功能开通的情况下, 当 UE 信道质量较差、功率受限时, 通过为 UE 配置 TTI Bundling, 可以在空口时延预算内获得更多传输机会, 提高上行覆盖。

TTI 绑定仅用于上行, TTI 绑定提出时是用于解决 LTE 中边缘用户的 VoIP 业务的。

4.6.2 半持续调度 (SPS)

考 点 介 绍

SPS 的原理。

SPS 的作用。

正常通话过程的 VoLTE 语音业务, 每 20ms 传送一个语音包, 在一定时间内, 语音业务包周期性到达的规律比较明显。

终端只要通过 PDCCH 接收一次 eNodeB 传来的资源调度指示, 然后将该调度指示保存下来。以后每隔 20ms 便可以在相同的时频资源位置上进行新的语音包传输或接收, 不必重新接收资源调度指示。也就是说, SPS 在指定子帧上按照预先分配的资源进行传送。

半持续调度重传时, 为了降低时延, 不再按照预先分配的资源进行传送, 而是采用动态调度的方式。

SPS 的优势是增加 VoLTE 用户数量的同时节省 CCE 资源。实验表明, 在打开 SPS 的情况下, TDD/FDD 小区的 VoLTE 容量会得到显著增加, 且较多 VoLTE 用户处于 SPS 激活状态时, KPI 指标仍好于关闭 SPS 时; 传输时延、丢包率和 MOS 值等指标也不会比关闭 SPS 时差。



判断题

要支持 VoLTE 业务，必须支持 SPS 调度（半持续调度）。 ()

答案：×

解析：SPS 调度应用于 VoLTE 场景，但并不是 VoLTE 业务一定使用 SPS。



单选题

SPS 调度可以应用在 () 方向。

A. 仅上行

B. 仅下行

C. 仅上行和下行同时应用

D. 上行或下行，或者上/下行同时应用

答案：D

解析：SPS 调度可在上行或下行中应用，也可在上/下行中同时应用。

4.6.3 RoHC

考 点 介 绍

RoHC 的原理。

RoHC 的作用。

RoHC (Robust Header Compression, 健壮性报头压缩协议) 主要用于将核心网和 UE 之间的语音或视频等多媒体数据的报文头，如 IP 头、UDP 头、RTP 头进行压缩后再进行传输，从而起到语音或视频等多媒体数据传送时，节省空口带宽资源，提高小区业务性能的作用。

压缩的基本原理：由于数据包头的多数信息从一个包到下一个包不会变化很多，只需要把变化的信息传送出去，不变化的信息就不用反复传送。



填空题

LTE 采用的头压缩算法是_____。

答案：RoHC

解析：LTE 采用的头压缩算法是 RoHC (Robust Header Compression, 健壮性报头压缩协议)。



判断题

RoHC 主要用于数据业务，如上网，IM 在传送时进行 IP 头、UDP 头、RTP 头压缩，从而节省空口带宽资源。 ()

答案：×

解析：RoHC 主要用于语音和视频等多媒体数据报文的传送。

4.6.4 SRVCC

考点介绍

SRVCC 的原理。

SRVCC 的作用。

SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity, 单无线链路语音呼叫连续性) 是为了解决语音业务从分组域移动到 CS 域时的语音连续性问题, 也就是我们通常所说的 4G 和 2G/3G 之间语音业务的平滑切换问题。

在 LTE 网络中, 终端通过 IMS 来实现语音功能; 在终端离开 LTE 网络时, 需要 IMS 域负责将保证语音业务切换连续性的任务转交给 MSC Server (Mobile Switching Center Server, 移动交换中心服务器), 然后由 MSC Server 将语音业务转交到 2G/3G 网络中。

3GPP 在 Release 9 后对 SRVCC 进行了增强, 提出了 eSRVCC (enhanced Single Radio Voice Call Continuity, 单无线链路语音呼叫连续性)。



填空题

SRVCC 可以实现 LTE 网络中的_____域语音到 2G/3G 网络中_____域语音的无缝切换。

答案: IMS、CS

解析: SRVCC 是 3GPP 提出的一种 VoLTE 语音业务在 LTE 覆盖边缘的连续性方案。

SRVCC 解决语音业务从 IMS 域移动到 CS 域时的语音连续性问题。



多选题

为了解决语音业务从分组域移动到 CS 域时的语音连续性问题, VoLTE 使用了() 技术。

A. SRVCC

B. TTI Bundling

C. eSRVCC

D. DRX

答案: AC

解析: SRVCC 解决了 4G 和 2G/3G 之间语音业务的平滑切换问题; 3GPP 在 Release 9 后对 SRVCC 进行了增强, 提出了 eSRVCC。

4.7 VoLTE 编/解码

4.7.1 语音常用编/解码

考点介绍

语音业务常用的编/解码方式。

固定速率和自适应速率的区别。

AMR_NB 和 AMR_WB 的应用。

语音编/解码发展如图 4-2 所示。



图 4-2 语音编/解码发展

ITU-T 是最早研究通信规范的机构之一，其偏重于信道稳定性很好的有线网络研究。ITU-T 定义的语音编/解码主要包括 G.711、G.722、G.723.1、G.726 和 G.729。

GSM FR、GSM HR、GSM EFR 编/解码都是固定速率，在通话过程中一直占用相同的带宽，但在无线通信过程中，无线信道的质量变化非常大，如果通话过程中无线信道质量变差，则无线信道仍然使用相同的速率传输语音，从而可能会导致误码，影响语音质量。

为了在无线信道质量变化时仍能保证提供最好的语音质量，3GPP 提出了 AMR (Adaptive Multi-Rate) 的概念，AMR 算法是一种基于自适应速率，并采用“代数码本激励线性预测”机制的编/解码算法（即 ACELP），从而可以保证在信道质量变差时，以较低速率传输语音信号，剩余的带宽用来传输纠错码（卷积码和交织码），进而减小误码率，提高语音质量，信道质量变好时，以较高速率传输语音信号。AMR 编/解码包括 AMR_NB 和 AMR_WB 编/解码。



多选题

下面支持语音业务自适应速率的是（ ）。

- A. GSM FR B. GSM HR C. AMR_NB D. AMR_WB

答案：CD

解析：GSM FR、GSM HR、GSM EFR 编/解码都是固定速率，在通话过程中一直占用相同的带宽。从 3G 开始引入 AMR 的概念，AMR 是一种基于自适应多速率算法。3G 时，使用的是最大 12.2kHz 的窄带 AMR；4G 的 VoLTE 业务使用的是 AMR_WB，最高速率可达 23.85kHz。

4.7.2 编/解码参数

考 点 介 绍

编/解码的 4 个重要参数。

每个编/解码包括 4 个重要参数：负荷类型、采样频率、速率和打包时长。其对语音质量和带宽的影响如下。

(1) 负荷类型。负荷类型是标准协议定义的一个值，一般不建议修改，需要在 MSC

Server 和 MGW 对接的时候保持取值一致。

(2) 采样频率。采样频率越高, 采样点越多, 语音质量越接近于真实的语音信号。同时, 被采样的语音频率范围越宽, 用户可主观感受到的语音更加自然、舒适和易于分辨。如 AMR_WB 编/解码, 其采样频率为 16kHz, 被采样的语音频率范围为 50~7 000Hz, 语音质量较好。

(3) 速率。速率的高低和带宽的占用率有关, 速率越高, 带宽的占用率越高。

(4) 打包时长。打包时长是指每个语音包所包含的语音时长。打包时长越长, 则打包时延越长, 但抗抖动能力强, 带宽利用率高。打包时长越短, 则打包时延越短, 但抗抖动能力弱, 带宽利用率低。



判断题

每个语音包所包含的语音时长越长, 则打包时延就越短, 但抗抖动能力就变弱。

()

答案: ×

解析: 语音时长越短, 打包时延才越短, 抗抖动能力也越弱。



单选题

AMR_WB 编/解码, 其采样频率为 ()。

A. 50Hz

B. 100Hz

C. 8kHz

D. 16kHz

答案: D

解析: 采样频率越高, 采样点越多, 则语音质量越接近于真实的语音信号。AMR_WB 编/解码, 其采样频率为 16kHz, 高于窄带 AMR 的 8kHz。

4.7.3 AMR 和 AMR_WB 编码帧类型

考点介绍

AMR 和 AMR_WB 编码帧类型。

VoLTE 语音呼叫支持 AMR 和 AMR_WB 类型的编/解码, 如表 4-3 所示。AMR 和 AMR_WB 编/解码分为两种模式: 字节对齐模式和节省带宽模式。网络中使用的通常是节省带宽模式。

表 4-3 AMR 和 AMR_WB 编/解码帧类型

帧类型索引	窄带帧内容 (Kb/s)	宽带帧内容 (Kb/s)
0	AMR 4.75	AMR_WB 6.60
1	AMR 5.15	AMR_WB 8.85
2	AMR 5.90	AMR_WB 12.65
3	AMR 6.70	AMR_WB 14.25
4	AMR 7.40	AMR_WB 15.85

续表

帧类型索引	窄带帧内容 (Kb/s)	宽带帧内容 (Kb/s)
5	AMR 7.95	AMR_WB 18.25
6	AMR 10.2	AMR_WB 19.85
7	AMR 12.2	AMR_WB 23.05
8	AMR SID (Comfort Noise Frame)	AMR_WB 23.85
9		AMR_WB SID (Comfort Noise Frame)



单选题

AMR_WB 编码的帧长为 ()。

A. 10ms

B. 20ms

C. 5ms

D. 1ms

答案: B

解析: AMR 包括 AMR_WB 和 AMR_NB, 编码方式的帧长均为 20ms。



多选题

AMR_WB 支持的速率为 ()

A. 7.95Kb/s

B. 23.85Kb/s

C. 12.2Kb/s

D. 8.85Kb/s

答案: BD

解析: 7.95Kb/s 和 12.2Kb/s 属于 3G AMR 支持的速率; 8.85Kb/s、23.85Kb/s 为 4G 宽带 AMR (AMR_WB) 支持的速率。

4.8 VoLTE 语音质量评估方法

考点介绍

语音业务质量评估的方法。

语音质量的评估方法包括主观评估和客观评估两大类, 路测工具中使用的是 PESQ (2G 拨打 2G) 与 POLQA (4G 拨打 2G 或 VoLTE 互拨), 信令平台工具使用的是 E-Model, 具体框架如图 4-3 所示。

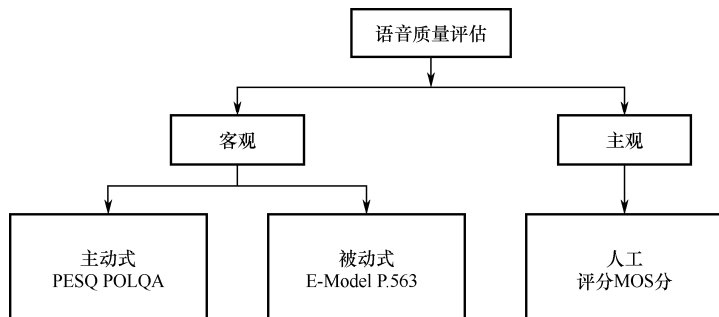


图 4-3 语音质量评估方法

4.8.1 主观评估

主观评估指以人为主体进行语音质量评价，由参与评听的评听人根据预先约定的评估准则对语音质量进行打分，它反映了评听人对语音质量好坏的一种主观印象。ITU P.800 标准定义了 MOS 评价方法。参加评价的评听人在听完测试语音后从表 4-4 的 5 个等级中选择某一级作为对语音质量的评价。全体实验者的平均分就是所测语音质量的 MOS 值。

表 4-4 MOS 值主观评估方法

级 别	用户满意度
4.0~5.0	很好，听得清楚，延迟很短，交流流畅
3.5~4.0	稍差，听得清楚，延迟很短，有点杂音
3.0~3.5	可以接受，有一定延迟，可以交流
1.5~3.0	勉强，听不太清，交流重复多次
1.5 以下	极差，听不懂

4.8.2 主动式客观评估

客观评估是指用机器自动判别语音质量，其从原理上又可分为两类评估方式：基于输入方式的主动式评估和基于输出方式的被动式评估。

PESQ 算法将语音的频率、响度等物理特性与人类心理上的感知特性的对应关系用数学模型来表示，即用客观数学模型的评估来模拟主观评估。该算法采用时频映射、频率弯折和响度弯折等方法，尽可能将语音中可以感知的特性在数学上完美表达。在 PESQ 模型中，提取出的语音特征都是与主观感觉直接相关的。

PESQ 算法有如下主要缺点：

- (1) 处理 CDMA 编码（如 EVRC）不够准确；
- (2) 在特定的 GSM/WCDMA 网络条件下过于敏感；
- (3) 不能处理超宽带语音信号。

为了解决 PESQ 的问题，更好地适应 4G/LTE 时代的语音质量测试需求，ITU-T 于 2006 年开始了 POLQA 的开发工作，于 2011 年初正式发布 ITU-T P.863 标准，其主要特点是可以覆盖最新的语音编码和网络传输技术，在用于 3G、4G/LTE、VoIP 网络时具有更高的准确性支持超宽带（50Hz~14kHz）语音传输及高质量语音传输。

从主动式评估方法的发展历程及各种方法的性能来看，基于输入/输出的客观评估的方法与主观评估的相关度已达到 0.95 左右，能够比较真实地衡量语音质量。

4.8.3 被动式客观评估

被动式语音质量评估方法主要有两种。一是直接从变化的 IP 网络损伤参数（如丢包、抖动和延迟）预测语音质量，如 E-Model 方法；二是根据音频信号测量语音流量的语音质量（如编/解码器、回声、语言或讲话人），如 ITU 组织 P.563 标准。目前各种信令平台工具一般采用的都是 E-Model 方法。

E-Model 考虑了延时、噪声、回音、编/码器性能、丢包、抖动等网络损伤对语音质

量的影响，通常抓取一次呼叫过程中的信令包和 RTP/RTCP 包。通过这些数据包来计算出各个因素的具体值。公式如下：

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e-eff} + A$$

查看 ITU-T G.107 发现 E-Model 与 MOS 值的对应关系，如表 4-5 所示。

For $R < 0$: MOS = 1

For $0 < R < 100$: MOS = $1 + 0.035R + R(R-60)(100-R) \times 7 \times 10^{-6}$

For $R > 100$ MOS = 4.5

表 4-5 R 值与 MOS 值的关系

R-Factor	MOS	R-Factor	MOS	R-Factor	MOS
90 以上	4.3 以上	70~80	3.6~4.0	50~60	2.6~3.1
80~90	4.0~4.3	60~70	3.1~3.6	0~50	1~2.6



多选题

MOS 值的客观评估包含哪些? ()

A. PESQ

B. POLQA

C. E-Model

D. P.563

答案: ABCD

解析：路测工具中使用的是 PESQ (2G 拨打 2G) 与 POLQA (4G 拨打 2G 或 VoLTE 互拨)，这两种都是主动式客观评估。信令平台工具使用的是 E-Model，这是被动式客观评估。还有一种被动式客观评估协议是 P.563。



简答题

简述语音业务 MOS 的主观评估方法。

解答：

主观评估指以人为主体的语音质量评价，由评听人根据预先约定的评估准则对语音质量进行打分，它反映了评听人对语音质量好坏的一种主观印象。ITU P.800 标准定义了 MOS 评价方法。参加评估的评听人在听完测试语音后从表 4-6 五个等级中选择某一级作为他对语音质量的评价。全体实验者的平均分就是所测语音质量的 MOS 值。

表 4-6 用户满意度表

级别	用户满意度
4.0~5.0	很好，听得清楚，延迟很短，交流流畅
3.5~4.0	稍差，听得清楚，延迟很短，有点杂音
3.0~3.5	可以接受，有一定延迟，可以交流
1.5~3.0	勉强，听不太清，交流重复多次
1.5 以下	极差，听不懂

第 5 章 eNodeB 产品知识

5.1 eNodeB 产品概述

考 点 介 绍

eNodeB 基站的分布式结构。

eNodeB 的组网。

LTE 中基站的名称为 eNodeB，即 evolved NodeB（演进型 NodeB）。相对于 3G 网络来说，LTE 中没有 RNC 网元；而在 eNodeB 中，集成了部分 RNC 的功能，减少了网络结构的层级，网络更加扁平化。

eNodeB 基站可以采用分布式架构，基本功能模块包括基带控制单元 BBU（Base Band control Unit，如图 5-1 所示）和射频拉远单元 RRU（Remote Radio Unit，如图 5-2 和图 5-3 所示）。BBU 与 RRU 均提供 CPRI 接口，两者通过光纤实现互连。



图 5-1 BBU 形态示意图

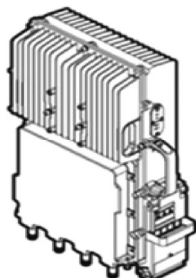
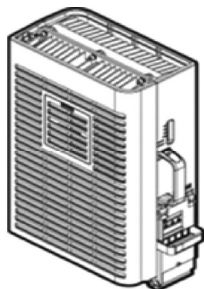


图 5-2 八通道 RRU 示意图

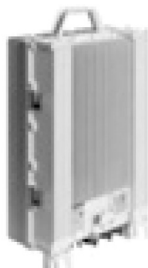


图 5-3 二通道 RRU 示意图

从组网上看，无线域 eUTRAN 和核心网域 EPC 组成 LTE-SAE 系统（Long Term Evolution-System Architecture Evolution）。eNodeB 在整个 LTE-SAE 中的位置如图 5-4 所示。

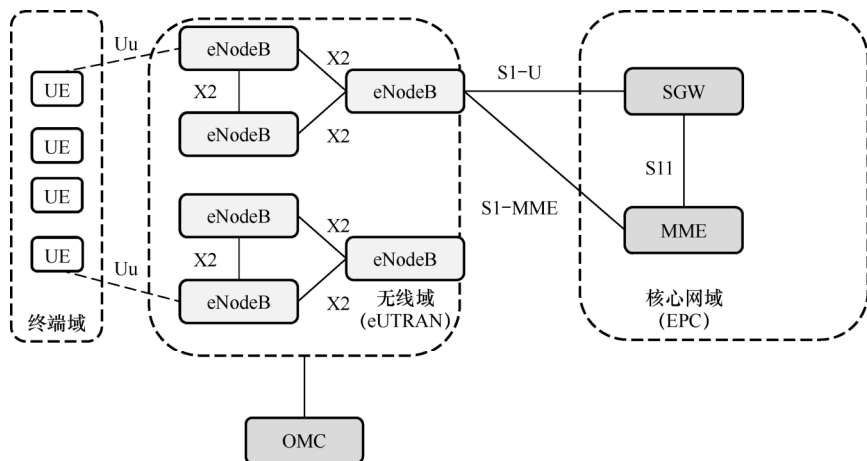


图 5-4 eNodeB 的组网

eNodeB 是 LTE-SAE 系统的接入设备，一个或多个 eNodeB 组成一个 eUTRAN。eNodeB 通过 Uu 接口与 UE 通信，通过 X2 接口与其他 eNodeB 通信，通过 S1 接口与 EPC 通信。

其中，OMC 是操作维护中心，包括 M2000、CME、LMT 等，用户可以通过 OMC 对 eNodeB 进行集中管理、维护等操作。



填空题

1. LTE 基站可以采用分布式架构，基本功能模块可以分为两部分：_____和_____。

答案：BBU（中文名称：基带控制单元）、RRU（中文名称：射频拉远单元）

解析：eNodeB 基站可以采用分布式架构，基本功能模块包括基带控制单元 BBU（Base Band control Unit）和射频拉远单元 RRU（Remote Radio Unit）。

2. BBU 与 RRU 两者之间通过光纤实现互连，接口名称为_____。

答案：CPRI

解析：BBU 与 RRU 通过光纤实现互连，采用 CPRI 接口进行通信。



判断题

C-RAN 的引入使得数据流集中，基站数据交换时延减小，有利于 CoMP 的实现。

()

答案：√

解析：C-RAN 基于集中化处理（Centralized Processing），采用协作化、虚拟化技术，实现资源共享和动态调度。由于数据流集中，时延减小，所以有利于 CoMP（Coordinated Multiple Points，协同多点传输）技术的实现。

5.2 eNodeB 产品架构

考 点 介 绍

eNodeB 系统的组成。

BBU 的组成模块。

RRU 的组成模块。

eNodeB 的同步方式。

基站系统的配套设备。

LTE 基站系统由基本功能模块（BBU、RRU）和配套设备（天馈系统、机柜、电源系统、监控单元、时钟同步系统等）组成。eNodeB 的整体逻辑结构如图 5-5 所示。

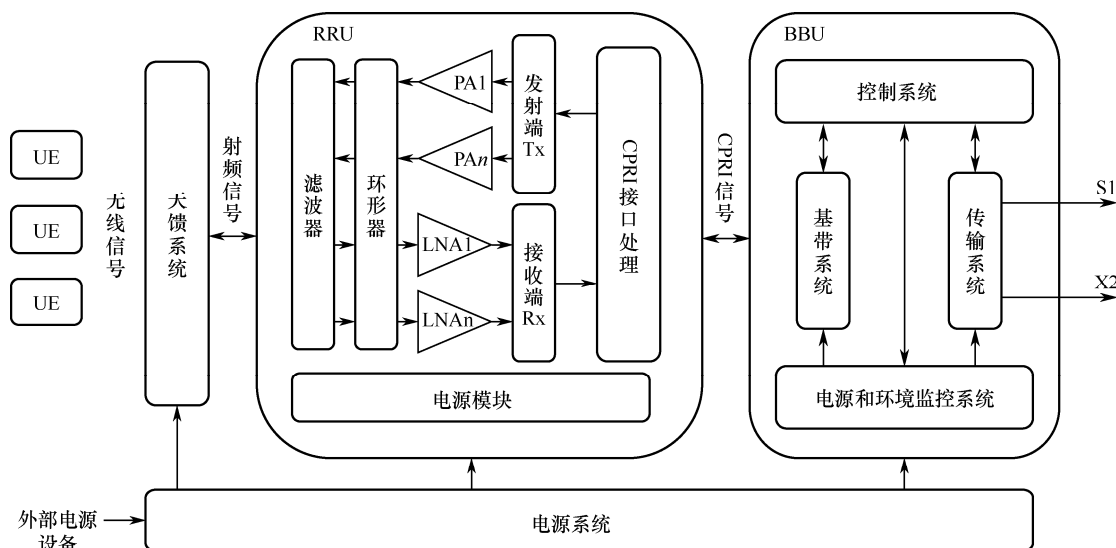


图 5-5 eNodeB 的逻辑结构

5.2.1 BBU 的组成

BBU 采用模块化设计，包括四个子系统：控制子系统、传输子系统、基带子系统、电源和环境监控子系统。

（1）控制子系统：完成基站内部资源的控制和管理功能，提供基站与 OMC 的管理面接口、基站与其他网元的控制面接口、多模基站内公共设备控制协商接口。

（2）传输子系统：完成传输网络和基站内部数据转发功能，提供基站与传输网络的物理接口、基站与其他网元的用户面接口。

（3）基带子系统：完成上/下行基带数据处理功能。

（4）电源和环境监控子系统：完成基站供电、散热、环境监控功能。

5.2.2 RRU 的组成

RRU 为射频拉远单元，主要包含射频子系统。

射频子系统完成无线信号的收发处理功能，包括射频信号和基带信号的调制解调、数据处理、合/分路等功能。通过天馈接收射频信号，将接收信号下变频至中频信号，并进行放大处理、模数转换（A/D 转换）。发射通道完成下行信号滤波、数模转换（D/A 转换）、射频信号上变频至发射频段。

射频子系统还提供基站与天馈系统的接口及与基带子系统之间的 CPRI 接口。CPRI 支持星形、链形、环形、双星形等多种灵活的组网方式。

射频子系统提供射频通道接收信号和发射信号复用功能，可使接收信号与发射信号共用一个天线通道，并对接收信号和发射信号提供滤波功能。射频子系统接收 BBU 发送的下行基带数据，并向 BBU 发送上行基带数据，实现与 BBU 的通信。

5.2.3 时钟同步系统

时钟子系统完成基站时钟同步功能，提供基站与外部时钟源的接口。

同步是指两个或两个以上的信号在对应的有效瞬间，其相位偏差或者频率偏差保持在约定的允许范围之内。时钟同步指基站与时钟参考源同步，使其与所在网络中的其他设备间的时钟频率或时间差异保持在约定的允许范围之内，避免传输系统中收/发信号定时的不准确，导致传输性能的恶化。

时钟同步包括频率同步和时间同步。

(1) 频率同步：频率同步指信号频率与基准频率一致，而起始时刻不要求保持一致。

(2) 时间同步：时间同步又叫时刻同步，要求绝对时间的同步，信号起始时刻与通用协调时间 UTC (Universal Time Coordinated) 保持一致。UTC 时间是全球通用的科学计时标准，通过精心维护原子时钟，确保全球保持统一（精确到微秒）。

eNodeB 支持的同步方式包括 GPS、IEEE1588 v2 和 1PPS+TOD。

(1) GPS (Global Positioning System) 卫星接收天线接收 GPS 卫星信号并传递给 LMPT、UMPT 或 USCU，经星卡处理后供基站使用。GPS 支持频率同步和时间同步，GPS 时钟精度可以达到微秒级。

(2) IEEE1588 v2 定义了一种精密时间协议 PTP (Precision Time Protocol)，实现通过网络提供精确的同步信号。IEEE1588 v2 支持频率同步和时间同步，精度可以达到微秒级。

(3) 1PPS+TOD 同步是指 eNodeB 通过获取 1PPS (Pulse Per Second) 和 TOD (Time of Day) 信号实现同步。1PPS 信号，即秒脉冲，用于实现时间同步。TOD 信号用于传递时间信息、参考时钟类型及参考时钟工作状态等信息。使用 1PPS+TOD 同步必须配置 USCU 单板。

5.2.4 其他配套设备

电源系统通过外部电源设备获取电源，并为 eNodeB 的各个系统供电。

天馈系统包括天线、馈线、跳线和 RCU (Remote Control Unit) 等设备，用于接收和发射射频信号。



填空题

1. BBU 采用模块化设计包括 4 个子系统：_____、_____、_____和_____。

答案：控制系统、传输系统、基带系统、电源和环境监控系统

解析：BBU 采用模块化设计，包括四个子系统：控制系统、传输系统、基带系统、

电源和环境监控系统。

2. eNodeB 支持的同步方式包括：_____、_____、_____。

答案：GPS、IEEE1588 v2、1PPS+TOD

解析：eNodeB 支持的同步方式包括：GPS、IEEE1588 v2 和 1PPS+TOD。

3. RRU 电源线，红色线缆为_____，蓝色线缆为_____。

答案：0V，-48V

解析：RRU 电源线，红色线缆为 0V，蓝色为-48V。



判断题

LTE 基站系统仅由 BBU 和 RRU 组成，不包括其他子系统。 ()

答案：×

解析：LTE 基站系统由基本功能模块（BBU、RRU）和配套设备（天馈系统、机柜、电源系统、监控单元、时钟同步系统等）组成。



多选题

eNodeB 支持的同步方式包括 ()。

A. GPS

B. IEEE1588 v2

C. 1PPS+TOD

答案：ABC

解析：eNodeB 支持的同步方式包括 GPS、IEEE1588 v2 和 1PPS+TOD。

5.3 eNodeB LTE 组网场景

考点介绍

eNodeB 的组网方式。

星形、链形、树形组网的优缺点和适用场景。

eNodeB 与 MME/SGW 之间的接口为 S1，支持 IP 传输组网，也可为 E1/T1 或者 FE/GE 传输。eNodeB 组网灵活，可以支持星形（见图 5-6）、链形（见图 5-7）和树形（见图 5-8）3 种组网方式。

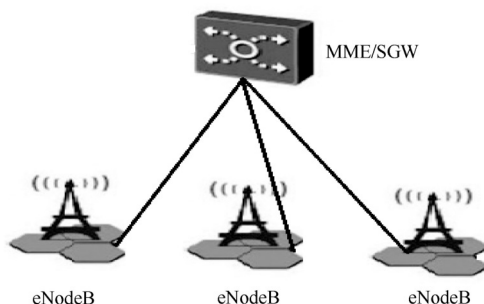


图 5-6 星形组网

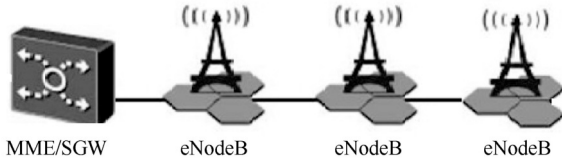


图 5-7 链形组网

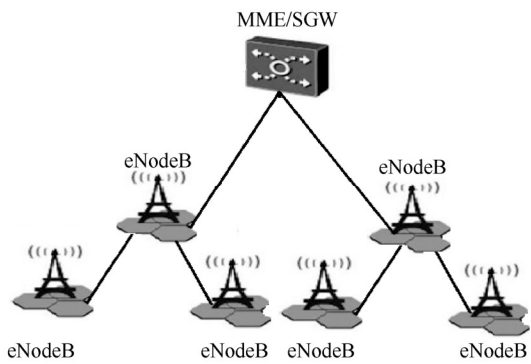


图 5-8 树形组网

各种 eNodeB 组网方式的应用场景及特点比较如表 5-1 所示。

表 5-1 eNodeB 组网方式的应用场景及特点比较

组网方式	应用场景	优点	缺点
星形组网	常用的组网方式，适用于人口稠密的地区	每个 eNodeB 都通过传输网络直接和 MME/SGW 连接，组网方式简单，工程施工、维护扩容均方便。 eNodeB 和 MME/SGW 直接进行数据传输，信号经过的节点少，网络可靠性较高	占用较多传输资源
链形组网	适用于呈带状分布、用户密度较大的特殊地区，如高速公路沿线、铁路沿线	工程建设成本和传输链路组网成本较低	信号经过节点多，网络可靠性较差。某个基站故障，将会影响下级基站工作。 下级 eNodeB 会占用上级 eNodeB 的传输带宽；上级 eNodeB 的可靠性会影响下级 eNodeB 的正常运行。 链的级数不能太多
树形组网	适合网络结构、站点分布和用户分布较复杂的情况，如用户分布面积广，且热点集中在某几个区域	传输设备成本、工程建设成本和传输链路成本较低	信号经过节点多，网络可靠性较差。某个基站故障，将会影响下级基站工作。 下级 eNodeB 会占用上级 eNodeB 的传输带宽；上级 eNodeB 的可靠性会影响下级 eNodeB 的正常运行。 树的深度不能太大



判断题

1. eNodeB 支持星形组网，不支持链形组网。()

答案：×

解析：eNodeB 组网灵活，可以支持星形、链形和树形等组网方式。

2. eNodeB 链形组网的可靠性比星形组网的可靠性高。()

答案：×

解析：星形组网是 eNodeB 和 MME/SGW 直接进行数据传输，信号经过的节点少，网络可靠性较高。链形组网的信号经过节点多，网络可靠性较差。某个基站故障，将会影响下级基站工作。

第 6 章 LTE 无线网络规划

6.1 LTE 无线网络规划流程

考 点 介 绍

无线网络规划流程。

网络规模估算。

仿真。

无线参数规划。

LTE 无线网络规划流程主要可划分为如图 6-1 所示的 5 个阶段。

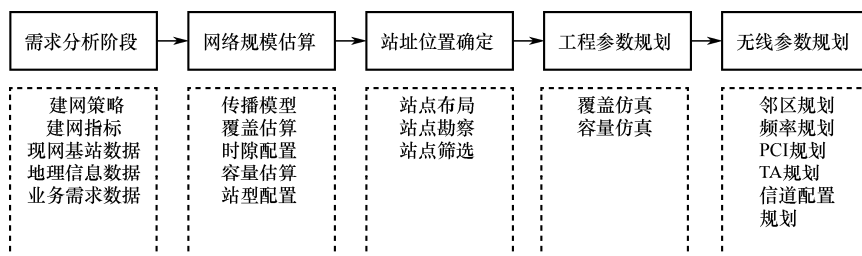


图 6-1 无线网络规划的主要流程

需求分析阶段最重要的是信息收集，这关系到网络方案的可实施性和方案实施后的客户满意度问题。在网络规划一开始就应该明确建网策略及相应的建网指标，如覆盖的区域都有哪些，各个区域的无线环境有何特点；每个区域的用户密度是多少，使用什么样的业务，有什么样的话务特点；用户对业务质量的要求有多高。然后，要收集到准确而丰富的现网基站数据、地理信息数据、业务需求数据，这些数据都是 LTE 无线网络规划的重要输入。

网络规模估算阶段要确定网络的规模。网络规模的估算就是考虑在一定质量需求的情况下，分别从覆盖角度、容量角度估算网络所需的站点数。

在站址位置确定阶段，主要工作是依据链路预算的建议值，结合网络站址资源情况，进行站址布局。在确定站点初步布局后，结合现有资料或现场勘测来确定站点是否可用，确定目标覆盖区域可用的共址站点和需新建的站点。

在站址位置初步确定的情况下，可以进行覆盖及容量仿真分析。通过仿真分析的输出结果，判断是否可以满足覆盖及容量目标。如存在部分区域不能满足要求，则需要对规划方案进行调整修改，最终要使得规划方案满足规划目标。

工程参数的调优，优先调整天线的方向角、下倾角、天线高度等较易改变的工程参

数；增加站址或站址位置的改变是最后的选择，这会涉及站址的重新勘测过程。

在利用规划软件进行详细规划评估之后，可以输出详细的无线参数。这些参数最终将作为规划方案输出参数提交给后续工程设计及优化使用。



判断题

无线网络规划基本流程包括需求分析、网络规模估算、站址位置确定、工程参数规划、无线参数规划等过程。 ()

答案：√

解析：无线网络规划基本流程包括需求分析、网络规模估算、站址位置确定、工程参数规划、无线参数规划等过程。还有一种说法，无线网络规划基本流程包括规划数据采集、无线网络估算、无线网络预规划、无线网络小区规划。其中，规划数据采集阶段就是需求分析阶段，无线网络预规划阶段对应于站址位置确定和工程参数规划两部分，小区规划阶段对应的就是无线参数规划阶段。



单选题

下列选项中哪个不属于网络规划？ ()

A. 链路预算

B. PCI 规划

C. 容量估算

D. 站点安装

答案：D

解析：网络规划中，确定网络规模阶段涉及链路预算和容量估算。无线参数规划有 PCI 规划。站点安装是施工建设阶段的事情，不属于网络规划。



多选题

1. 无线网络规划目标 ()。

A. 盈利业务覆盖最佳

B. 核心业务质量最优

C. 有限资源容量最大

D. 综合建网成本最低

答案：ABCD

解析：无线网络规划的目标是由覆盖、容量、质量、成本的综合要求决定的，因此，无线网络规划目标是在成本最低的要求下，达到覆盖最佳、容量最大、质量最优。

2. 下列设备中，站点勘察必备设备包括 ()。

A. 扫频仪

B. GPS

C. 指南针

D. 望远镜

答案：BC

解析：站点勘测时，GPS 用来测量站点经纬度信息，指南针用来确定方向角信息。

3. 下面关于 LTE 站点勘察中说法正确的是 ()。

A. 站点选择要满足无线网络拓扑结构设计要求

B. 要使天线主瓣正对着街道走向，以保证道路覆盖

C. 扇区天线发现方向按照规划法线方向设置时，要预留 30°左右的调整余度

D. 进行站点拍照时，每 60°拍一张照片

答案：AC

解析：站点拍照时，一般要求每 45° 拍一张照片；不要让天线主瓣沿街道等地物辐射，避免波导效应产生的越区覆盖。



简答题

1. 如何科学合理地预规划 LTE 网络？

解答：

第一个阶段为需求分析，最重要的是信息收集，关系到网络方案的可实施性和方案实施后的客户满意度问题。首先，明确建网策略及相应的建网指标，如覆盖的区域都有哪些，各个区域的无线环境有何特点；每个区域的用户密度是多少，使用什么样的业务，有什么样的话务特点；用户对业务质量的要求有多高。然后，要收集到准确而丰富的现网基站数据、地理信息数据、业务需求数据，这些数据都是 LTE 无线网络规划的重要输入。

第二个阶段为网络规模估算，就是考虑在一定质量需求的情况下，分别从覆盖角度、容量角度估算网络所需的站点数。

第三个阶段为站址位置确定，主要工作是依据链路预算的建议值，结合网络站址资源情况进行站址布局。在确定站点初步布局后，结合现有资料或现场勘测来确定站点是否可用，确定目标覆盖区域可用的共址站点和需新建的站点。

第四个阶段为工程参数调优阶段，主要的工作是覆盖及容量仿真分析，通过仿真分析的输出结果，判断是否可以满足覆盖及容量目标。如存在部分区域不能满足要求，则需要对规划方案进行调整修改，使得规划方案最终满足规划目标。在工程参数调优时，优先调整天线的方向角、下倾角、天线高度等较易改变的工程参数；增加站址或者站址位置的改变是最后的选择，因为这会涉及站址的重新勘测过程。

第五个阶段为无线参数规划，在利用规划软件进行详细规划评估之后，可以输出详细的无线参数。这些参数最终将作为规划方案输出参数，提交给后续的工程设计及优化使用。

2. 簇是怎么规划的？

解答：

通俗来说，就是把一个网络的内部划分成几个连续的小区域，每个区域内的所有基站组成一个簇。

簇只是一个虚拟的概念，没有严格的原则性划分标准，只要尽量把连续一片的基站划在一个簇内就可以了。簇与簇在数据定义上是没有差别的。

分簇的目的是为了加快 LTE 建网初期的建设和优化速度，集中资源，建设好一个簇就开展一个簇的优化。

基站簇优化是指对某个范围内的数个独立基站进行具体条目的优化（每个簇包含 15~30 个基站）。

基站簇划分的主要依据：地形地貌、业务分布、相同的 RNC 和 LAC 区域等信息。每个基站簇所包含的基站数目不宜过多，并且基站簇之间的覆盖区域要有重叠。

3. 天线的型号及相关参数有哪些？勘测时，会勘测出与天线相关的哪些问题？

解答：

无线现网中主要天线厂家有京信、通宇、海天、捷士通、国信。

天线的参数主要有：工作频段、增益、电下倾、机械下倾、极化方式、水平、垂直波瓣宽度、驻波比、隔离度、功率容量等。

常见的勘测出的问题如下。

(1) 天线挂高问题：过高或者过底，正常要求在 20~50m 之间。

(2) 天线位置不合理：抱杆天线固定在楼面中间。信号楼面反射，无法覆盖对应区域。

(3) 天线不可调整：如美化罩悬挂在楼层墙面外壁，不可调整。

6.2 覆盖规划

考点介绍

覆盖估算的原理。

链路预算的过程。

最大允许路损 MAPL 的计算。

覆盖估算的目的是从覆盖的角度计算所需基站的数目。在规划初期确立建网目标时，规划覆盖目标是热点区域覆盖还是城区范围内连续覆盖、规划覆盖面积是多少均已经确定，再确定单基站覆盖面积，计算规划覆盖面积与单基站覆盖面积之比，就是基站的数目，如图 6-2 所示。

链路预算就是根据发射端天线口功率、接收端最小接收电平，综合考虑无线环境的各种影响因素后，计算最大允许路损的过程。

覆盖估算讲究两个平衡如下：

(1) 上/下行覆盖的平衡。

(2) 业务信道和控制信道覆盖的平衡。

由于基站和手机的发射功率不同，最小接收电平也不同，上/下行的覆盖能力可能有较大差别，需要分别进行链路预算，找出覆盖受限的短板。

由于业务信道、共享信道调制方式、编码方式、资源占用数目等因素的不同，可能导致覆盖范围不同，也需要分别进行链路预算。

根据链路预算，选择最大允许路损计算结果中的最小值就是计算基站覆盖半径的输入。传播模型描述了路损和距离的关系，也就是说，最大允许路损（MAPL）对应的就是最大覆盖距离，相当于基站的覆盖半径。按照标准的蜂窝结构（正六边形）可以计算出单基站覆盖面积。

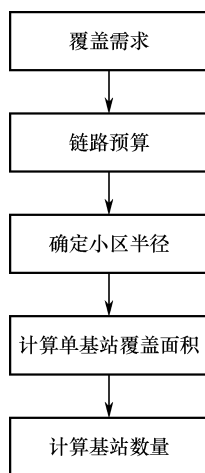


图 6-2 覆盖估算的主要思路



填空题

1. LTE 覆盖性能估算是对_____信号进行预测。

答案: CRS

解析: LTE 覆盖性能估算是对于 CRS 信号进行预测。

2. 天线安装过程中, 用来校正天线方向角的仪器是_____。

答案: 罗盘

解析: 用来校正天线方向角的仪器是罗盘。



判断题

dBm 用于表达功率的绝对值, 而 dBW 用于表征功率的相对值。()

答案: ×

解析: dBm 和 dBW 都是用于表达功率的绝对值。0dBm 相当于 1mW, 0dBW 相当于 1W。



单选题

在使用规划软件仿真时, 修改以下哪项数值不需要重新计算路损? ()

A. 天线型号 B. 天线倾角 C. 站点位置 D. 基站发射功率

答案: D

解析: 路径损耗 (Path Loss) 是在发射器和接收器之间由传播环境引入的损耗量。基站发射功率是发射端的重要参数, 但不属于发射器和接收器之间的路径损耗。



多选题

1. 下列选项中, 不能用来表示天线增益的有 ()。

A. dB B. dBi C. dBd D. dBm

答案: AD

解析: 天线增益的单位有 dBi 和 dBd。

2. 下面哪些功率值的描述正确? ()

A. 0dBm 相当于 100mW B. 10dBm 相当于 10mW
C. 16dBm 相当于 40mW D. 33dBm 相当于 2000mW

答案: BCD

解析: 0dBm 相当于 1mW, 而不是 100mW。对于无线工程师来说, 更常用 dBm 这个单位, 它表示相对于 1mW 的分贝数。

dBm 和 W 之间的关系是: $1\text{dBm} = 10\lg(\text{对应 mW 数})$

例如, 1W 的功率换算成 dBm 就是 $10\lg 1000 = 30\text{dBm}$, 2W 对应的是 33dBm。



简答题

1. LTE 的基站发射功率是多少? 下行 RS 的功率是多少?

解答:

目前 LTE 的基站发射功率是 40W。

$\text{LTE 功率} = \text{RS} + 10\lg(12 \times \text{RB 数}) + 10\lg(\text{天线通道数}) - 10\lg(1 + P_b)$

一般情况下，RS 的功率为 9.2dBm。

2. 接收机一般都有哪些性能参数？

解答：有工作频率、时分/频分、全双工/半双工/单工、多模/单模、支持的调制方式（LTE cat1/2 不支持 16QAM，Cat 3/4 不支持 64QAM）。

3. 基站接收的机灵敏度是什么？

解答：

基站接收机灵敏度是指在某参考测量信道的吞吐量满足要求的情况下，接收机天线端口处可以接收的最小电平。

4. 某 LTE 基站将规划为超远的海域覆盖，请问规划和参数配置需考虑哪些方面？

解答：

小区的覆盖半径可根据规划软件来确定，确定了覆盖距离之后需要考虑 PRACH 的相关参数设置，具体包括 Prach CS、RootSequence、Prach ConfigIndex。

对于超远海域覆盖，需要考虑 Prach Format，将该值取为 1，而该值由 Prach ConfigIndex 决定，具体根据协议表（可取值范围为 20~29）综合考虑 Prach Density，该值取 23 或 24 均可，由于 Prach Format 的变化，特殊帧配比也需要配为 5。

6.3 容量规划

考 点 介 绍

容量估算的原理。

影响 LTE 系统容量的因素。

容量估算是通过计算满足一定话务需求所需要的无线资源数目，进而计算出所需要的载波配置、基站数目，如图 6-3 所示。

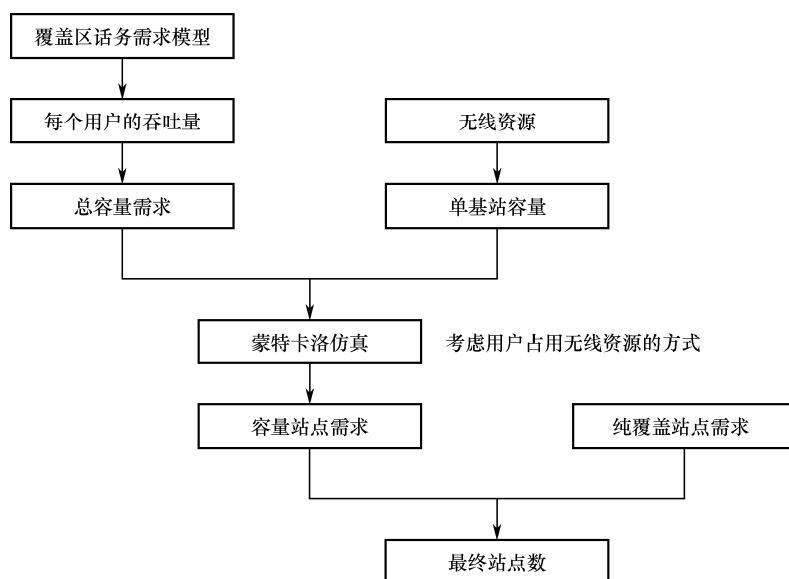


图 6-3 容量估算的主要思路

话务需求，即话务模型，包括以下两个方面。

(1) 用户行为：包括用户的数量、用户的地理分布、用户的业务使用习惯。

(2) 业务特征：包括单位业务占用的上/下行无线资源的大小、时间，业务的 QoS 服务要求等内容。

容量估算的三要素：覆盖区话务需求、单基站可提供的无线资源及资源的占用方式。也就是说，容量估算是在一定的话务模型下，按照一定的资源占用方式，求取无线资源占用数量的过程。



单选题

容量估算与（ ）互相影响。

A. 链路预算

B. PCI 规划

C. 建网成本

D. 网络优化

答案：A

解析：在 LTE 网络规划中，基站的容量和覆盖是相互影响的，所以容量估算和链路预算是相互影响的。



简答题

1. 简述影响 LTE 网络吞吐量和容量的因素。

解答：

有系统带宽、使用的天线技术、干扰处理方式、资源分配方式、设备的功率、分组调度策略、系统 RB 配置、系统 CP 配置、系统 GP 配置、用户数等。

2. 网络寻呼容量由哪些因素决定？一般瓶颈在哪里？

解答：

LTE 系统中，系统寻呼的容量大致由下列因素决定：

(1) MME 的设备容量。

(2) TA 的大小（类似 GSM 的 LAC）。

(3) eNodeB 的 PCCH 参数配置。

一般瓶颈在无线侧，因为 MME 寻呼的下发单位是 TAC，对一个用户的寻呼，要对该用户所在 TAC 下的所有基站都下发。

3. 影响 LTE 单用户下行和上行吞吐率的因素主要有哪些？

解答：

(1) 空口信道质量：信噪比高低，包括覆盖、干扰的情况。

(2) 天线模式：天线的收发模式、MIMO 天线数量和模式、beamforming 波束赋形。

(3) 终端情况：UE 的移动速度、UE 接收机的性能。

(4) FDD 信道配置、TDD 上/下行时隙配比。

(5) 小区用户数、负荷情况、资源利用率情况。

6.4 室内覆盖设计

6.4.1 室内覆盖系统的构成

考 点 介 绍

室内覆盖系统的作用。

室内覆盖系统的构成。

室内覆盖系统是为了实现室内信号的均匀分布，将基站信号通过馈线、无源器件进行分路，最终将信号分配到分散安装在建筑物各个区域的每一根低功率天线。在某些需要盲覆盖的场合，可使用干线放大器或直放站对输入的信号进行中继放大，达到延伸覆盖范围的目的。

无线室内覆盖要把握“盲”和“忙”两个字，即不但解决建筑物内部的弱覆盖区域，而且要提供足够的容量满足室内话务量的要求。

室内覆盖系统由以下部分构成：

- (1) 信号源：BBU+RRU、宏蜂窝、微蜂窝。
- (2) 功率分配器件：功分器、耦合器、电桥。
- (3) 有源器件：主要是指干线放大器和直放站。
- (4) 信号传输器件：光纤、泄漏电缆、阻燃馈线等。
- (5) 接头：适配 7/8ⁱⁿ 和 1/2ⁱⁿ 等阻燃馈线的 N 型、7/16 型接头。
- (6) 室内天线：吸顶全向天线、壁挂定向天线或八木天线。

6.4.2 典型场景的特点

考 点 介 绍

室内典型场景的覆盖特点。

不同的室内场景有不同的建筑物结构、电磁波传播环境、用户和业务特征，从而有不同的无线传播模型和话务模型。从不同的覆盖特征和容量需求角度，可将室内分布场景细分为以下几类。

- (1) 中心商业区。

特点：经济、科技、文化和商业高度集中，包括大量的金融中心、商务写字楼、高级酒店公寓。建筑物穿透损耗大，反射现象严重，无线传播环境复杂。用户密度高，高端用户比例高，平均话务量高，数据业务需求量大，对服务质量要求高。白天人口密度高，昼夜人口数量变化很大。

- (2) 居民区。

按建筑特点分类，居民小区可分为别墅区、普通居民小区、高层小区。

别墅区楼宇较低，低于 3 层，楼间距较大，绿化面积大，容积率低，无电梯、地下室。小区内无线传播环境较好，高端用户较多。

普通居民小区，由于楼间距小，小区内电磁传播环境差，用户数多，以中低端为主。

高层小区，多为点式建筑，部分楼宇低层为裙楼商业房，楼宇基本在 15 层以上，有电梯、大型地下停车场，绿化面积大，电梯、地下室属于信号盲区；10~20 层部分窗边存在小区间干扰，25 层或 30 层以上覆盖困难。

(3) 会展中心、会议中心、运动场馆。

这类场景在建筑特点上有很多相似之处：层高较高，一般大于 10m；空旷开阔，一个展馆面积或可达 1 万平方米，室内无线信号以视距传输为主，需要规避信号的扩散。

话务需求呈现明显的事件触发特性，平时几乎没有话务量，但在举行展览、会议、赛事的时候，话务需求极大，所以容量估算应以高峰时计算。其中，有些场景如新闻中心会有大量的数据业务需求，在规划时需要区别考虑。

(4) 校园。

校园占地面积大、覆盖区域分散。办公区话务集中、存在一定的数据业务；宿舍区用户集中，语音、数据业务需求量大，需要大容量解决方案。

(5) 地铁。

地铁场景包含出入通道和站厅、站台、列车隧道。封闭性较好。出入通道和站厅宜采用分布系统，站台和隧道宜采用泄漏电缆。

地铁作为城市交通的主干道，客流量巨大，以数据业务为主，逢上下班、节假日更是话务高度繁忙，所以容量估算应满足高峰时的话务需求。



单选题

话务需求呈现明显的事件触发特性，平时几乎没有话务量，但大型活动举行的时候，话务需求极大，空旷开阔，无线信号视距传输为主的场景是（ ）。

A. 地铁

B. 学校

C. 大型场馆

D. 别墅区

答案：C

解析：大型场馆、会议中心、会展中心这类场景空旷开阔，无线信号以视距传输为主，需要规避信号的扩散。话务需求呈现明显的事件触发特性。

6.4.3 室内覆盖设计要点

考 点 介 绍

室内覆盖各场景设计要点。

室内覆盖的场景很多，不同的场景有不同的设计要点，如表 6-1 所示。

表 6-1 室内覆盖多场景设计要点

场 景	设 计 要 点	设 备 形 态	天 线 布 局
中心商业区	室外站覆盖中低层及道路； 专门室分系统覆盖高价值区域	室外站选择宏站形式； 室分系统选择 BBU+RRU 形式	宏站天线在高度为 30~40m 的楼顶，适当下倾，方位角避免阻挡。 室内天线均匀分布。电梯可采用高增益、小方向角的定向板状天线进行覆盖
居民区	小区外围靠四周宏站覆盖，根据小区类型及规模，补充滴灌点，对小区深处进行补盲	宏站+双通道 RRU 拉远覆盖	别墅、高档小区注意天线伪装和美化。 小区道路可利用路灯天线小功率多点覆盖；高层可选择射灯天线对打的方式
会展中心、会议中心、运动场馆	空旷区域，避免小区间干扰；功能区需注重大容量数据业务需求	BBU+RRU 方式	板状天线或射灯天线均匀覆盖功能区
校园	考虑话务潮汐，实现动态资源调配	宏站+双通道 RRU 拉远覆盖	室内外协同 室内分布系统天线+室外路灯天线覆盖
地铁	隧道覆盖+站点覆盖。注意切换设计	BBU+RRU	泄漏电缆覆盖隧道，站台室内天线均匀覆盖



填空题

系统间的隔离度通常用_____来表示。

答案：MCL

解析：MCL 是最小耦合损耗，用来表示系统间的隔离度。



判断题

室内覆盖系统设计的过程中，应尽量使室内用户驻留在室内小区。（ ）

答案：√

解析：室内用户驻留在室内网络，是室内覆盖系统设计应该尽量考虑的。



单选题

1. 驻波比（ ）。

- A. 是衡量负载匹配程度的一个指标
- B. 是衡量输出功率大小的一个指标
- C. 越大越好，机顶口驻波大则输出功率就大
- D. 是与回波损耗没有关系

答案：A

解析：衡量负载匹配程度的指标是驻波比。驻波比越趋近于 1 越好。驻波比和回波损耗都可以由反射系数计算出来。

2. 需要使用泄漏电缆覆盖，还需要特别注意切换设计的场景是（ ）。

- A. 高层住宅
- B. 中心商业区
- C. 地铁
- D. 校园

答案：C

解析：地铁场景是隧道覆盖+站点覆盖。隧道覆盖需要泄漏电缆，站台覆盖需要考虑列车进出站台、人流进出站台的切换设计。



多选题

下面对多天线应用场景的建议正确的是（ ）。

- A. 在密集城区/建站困难的地方使用小型化天线
- B. 在共天馈的应用场景可使用独立电调天线或内置合路器天线
- C. 盲点地区可采用 2 通道天线进行补盲
- D. 郊区农村可采用 8 通道天线

答案：ABCD

解析：天线类型的选择依赖于场景。

6.5 LTE 小区参数规划

6.5.1 PCI 规划

考点介绍

PCI 的组成和用途。

PCI 的数量。

PCI 规划的原则。

PCI，即物理小区 ID，是 TD-LTE 系统中小区的标识，是用来区分小区的。LTE 没有 3G 里扰码的概念。

PCI 是物理信道中资源配置信息生成的重要参考信息。各物理信道的资源配置及资源映射关系都和小区 ID 一一绑定，小区 ID 的配置在同频组网中显得尤为重要。

LTE 的 PCI 小区组有 168 个，每个小区组由 3 个 ID 组成，共有 504 (168×3) 个小区 ID。

PCI 规划总的原则是对主小区有强干扰的其他同频小区，不能使用与主小区相同的 PCI（异频小区的邻区可以使用相同的 PCI）。同时，也要避免其他小区的 PCI 对主小区的模 3 干扰。

PCI 规划工具在实现过程中需遵循以下原则。

- (1) 同一个站点的 PCI 分配在同一个 PCI 组内，相邻站点的 PCI 在不同的 PCI 组内。
- (2) 为了避免混淆，邻区不能同 PCI，邻区的邻区也不能采用相同的 PCI。
- (3) 尽量避免存在覆盖交叠的相邻小区分配相关性较高的 PCI。
- (4) 避免相对、相邻小区 PCI 的组内 ID 相同，从而可以降低模 3 干扰。

组内 ID 的值决定了 LTE 导频符号的频率位置。组内 ID 号有三种取值：0、1、2；PCI 编号与 3 相除取余 (PCI MOD 3) 的值就是组内 ID。组内 ID 号相同，则 LTE 导频符号在频域上出现的位置就相同，互相干扰的可能性就增大。这就是所谓的模 3 干扰。



填空题

1. PCI 由_____和 _____共同决定。

答案: PSS、SSS

解析: 在 LTE 里, 物理层小区 ID (Physical Cell ID, PCI) 分为两部分: 小区组 ID (Cell Group ID) 和组内 ID (ID within Cell Group)。PSS 主同步信号对应小区组内 ID, SSS 从同步信号对应小区组 ID。

2. LTE 中_____是用来标识小区的。

答案: PCI

解析: LTE 中 PCI 是用来标识小区的。

3. 物理层能够标识的物理小区 ID 一共有_____个。

答案: 504

解析: 协议规定物理层 Cell ID 分为两部分: 小区组 ID (Cell Group ID) 和组内 ID (ID within Cell Group), 物理层小区组有 168 个, 每个小区组由 3 个 ID 组成, 因此共有 $168 \times 3 = 504$ 个独立的 Cell ID。

4. cell1 和 cell2 是同频邻区, 如果 cell1 和 cell2 的 PCI 相同, 则认为 cell1 和 cell2 发生了_____。

答案: PCI 冲突

解析: PCI 冲突是指同频邻区的 PCI 相同。



单选题

TD-LTE PCI 数量较充足, 不存在干扰和冲突的问题。()

解析: ×

解析: TD-LTE PCI 有 504 个, 相同的 PCI 有冲突的可能, 模 3 干扰也较为普遍。



简答题

PCI 是什么? 规划 PCI 时需要注意什么?

解答:

LTE 是用 PCI (Physical Cell ID) 来区分小区的, 并不以扰码来区分小区, 没有扰码的概念。LTE 共有 504 个 PCI。

规划 PCI 时, 应该注意:

(1) 对主小区有强干扰的其他同频小区, 不能使用与主小区相同的 PCI。异频小区的邻区可以使用相同的 PCI。

(2) 邻小区导频符号 V-shift 错开最优化原则。

(3) 同一站点的 PCI 分配在同一个 PCI 组内, 相邻站点的 PCI 在不同的 PCI 组内。

(4) 对于存在室内覆盖场景时, 规划时需要考虑是否分开规划。

(5) 邻区不能使用相同的 PCI, 邻区的邻区也不能使用相同的 PCI。

(6) 共有 504 个 PCI, PCI 规划需尽量避免 PCI 模 3 干扰。

6.5.2 TA 规划

考点介绍

TA 和 TA List 的概念。

TA 和 TA List 规划的原则。

TA (Trace Area, 跟踪区) 是 LTE 分组域的位置区, 用于终端位置的管理, 寻呼消息下发, 类似于 3G 中 LA/RA 的概念。每个 TA 包括一个相邻小区集合, 用 TAI (Tracking Area Identity) 进行标识。

当网络有下行数据时, PGW 下发数据到 SGW, 然后 SGW 触发 MME 发起寻呼。MME 查找内存中保存的 UE 所在的跟踪区列表 TA List, 然后将寻呼下发到终端。

在 LTE 中引入了 TA List 的概念。TA List 包含了一组 TAI。当 UE 在网络分配的 TA List 范围内移动时, 不会发起 TAU (Tracking Area Update) 过程。当 UE 移动到一个小区, 并且通过读取系统广播消息, 判断小区的 TAI 不在 UE 存储的 TA List 时, UE 将发起 TAU 过程。因此, TA List 的引入主要是为了减少乒乓的 TAU 过程。在 TA List 边界移动时, 会引起 TAU 过程。

TA List 的区域范围较大, 可以减少 TAU 的次数, 从而减少信令开销; 但核心网寻呼 UE 时, 需要在 TA List 范围内的每个小区寻呼用户, 因此如果 TA List 过大, 则会引起寻呼负荷的增加; 如果超过了小区的寻呼容量, 则会引起寻呼失败。

TA 的边界选取一般如下原则:

(1) 可以利用市区中山体、河流等地形因素作为 TA 区的边界, 降低不同 TA 区内不同小区的交叠深度。

(2) TA 区划分尽量不以街道为边界, 不以话务量高的地方为边界 (如商场)。

(3) 在市区与郊区边界, TA 边界尽量外扩。

(4) 如果与 3G 系统共覆盖, 则 TA 的覆盖区域可以考虑参考 LA 的覆盖区域。



填空题

LTE 中位置信息可以用 TA (跟踪区) 来表示, 网络寻呼 UE 时按照_____确定的范围进行寻呼。

答案: TA List

解析: TA List 包含了一组 TAI。当 UE 在网络分配的 TA List 范围内移动时, 不会发起 TAU (Tracking Area Update) 过程。当 UE 移动到一个小区, 并且通过读取系统广播消息, 判断小区的 TAI 不在 UE 存储的 TA List 时, UE 将发起 TAU 过程。

因此引入 TA List 主要是为了缩短 TAU 过程, 节约空口资源, 在 TA List 边界移动时, 会引起 TAU 过程, 但寻呼是以 TA List 为单元进行下发的, 所以实际应用过程中需要权衡这两者的资源占用情况。



单选题

以下 PCI 规划原则中哪个是不对的? ()

- A. 同频邻小区 PCI 无须考虑模 3 或模 6 的限制, 任意分配即可
- B. 同一个小区的所有邻区中不能有相同的 PCI
- C. 相邻两个小区的 PCI 不能相同
- D. 相邻小区的 CRS 尽量在频域上分开

答案: A

解析: 相邻小区应该避免 PCI 的模 3、模 6 干扰。



多选题

在 LTE 系统中设计跟踪区 TA 时, 希望满足以下哪项要求? ()

- A. 对于 LTE 的接入网和核心网保持相同的跟踪区域的概念
- B. 当 UE 处于空闲状态时, 核心网能够知道 UE 所在的跟踪区
- C. 当处于空闲状态的 UE 需要被寻呼时, 必须在 UE 所注册的跟踪区的所有小区进行寻呼
- D. 在 LTE 系统中, 应尽量减少因位置改变而引起的 TA 更新信令

答案: ABCD

解析: TA List 的区域范围较大, 可以减少 TAU 的次数, 从而减少信令开销; 但核心网寻呼 UE 时, 需要在 TA List 范围内的每个小区寻呼用户, 因此如果 TA List 过大, 则会引起寻呼负荷的增加。对于 LTE 的接入网和核心网, 一般要求保持相同的跟踪区域的概念。当 UE 处于空闲状态时, 核心网能够知道 UE 所在的跟踪区。当处于空闲状态的 UE 需要被寻呼时, 必须在 UE 所注册的跟踪区的所有小区进行寻呼。跟踪区规划应该尽量减少因位置改变而引起的 TA 更新信令。



简答题

1. 简述 TA 的规划原则。

解答:

TA 作为 TA List 下的基本组成单元, 其规划直接影响到 TA List 的规划质量, 有如下要求:

跟踪区规划的主要思路是要确保寻呼信道容量不受限, 同时对于区域边界的位置更新开销最小, 且要求易于管理。

跟踪区的规划需要遵循以下原则:

(1) 跟踪区的划分不能过大或过小, TAC 的最大值由 MME 的最大寻呼容量来决定。

TA 面积过大, 由于寻呼容量的限制, TA List 中的 TA 数目将受到限制, 降低了基于用户的 TA List 规划的灵活性, 不能达到 TA List 引入的目的。

TA 面积过小, 则 TA List 包含的 TA 数目就会过多, MME 维护开销及位置更新的开销就会增加。

(2) TA 边界应设置在低话务区域。

TA 的边界决定了 TA List 的边界。为降低位置更新的频率, TA 边界不应设在高话务量区域及高速移动等区域, 应尽量设在天然屏障位置 (如山川、河流等)。在市区和城郊交界区域, 一般将 TA 区的边界放在外围一线的基站处, 而不是放在话务密集的城郊结

合部，避免结合部用户频繁位置更新。同时，TA 划分尽量不要以街道为界，一般要求 TA 边界不与街道平行或垂直，而是斜交。此外，TA 边界应该与用户流的方向（或者说是话务流的方向）垂直而不是平行，避免产生乒乓效应的位置或路由更新。

(3) 跟踪区规划应在地理上为一块连续的区域，避免和减少各跟踪区基站插花组网。

(4) 城郊与市区不连续覆盖时，郊区（县）使用单独的跟踪区，不规划在一个 TA 中。

(5) 寻呼区域，不跨 MME 的原则。

(6) 在 LTE 可使用的多个频段中（后期扩容的需求），跟踪区的划分既可根据频段也可根据地理位置划分。

2. 简述 TA List 规划原则。

由于网络的最终位置管理是以 TA List 为单位的，因此 TA List 的规划要满足以下基本原则：

(1) TA List 不能过大。

若 TA List 过大，则 TA List 中包含的小区过多，寻呼负荷随之增加，可能造成寻呼滞后，延迟端到端的接续时长，直接影响用户体验。

(2) TA List 不能过小。

若 TA List 过小，则位置更新的频率会加大的，这不仅会增加 UE 的功耗，从而增加网络信令开销，同时，UE 在 TA 更新过程中是不可及的，做被叫时会寻呼失败，降低了用户的通信体验。

(3) TA List 边界应设置在低话务区域，减少跟踪区的更新次数。

6.5.3 邻区规划

考 点 介 绍

邻区规划的基本原则。

邻区关系的分类。

邻区规划是无线网络规划中非常重要的一环，关系到终端在移动过程中重选或切换的成功与否。邻区规划是在覆盖交叠程度较大、有较多用户发生移动的相邻小区间相互配置邻区。

邻区关系分为双向邻区和单向邻区。

一般场景下，地理位置上直接相邻的小区，或者覆盖范围交叠面积较大的小区，都要互为邻区，即如把 B 配为 A 小区的邻区，那么把 A 也配为 B 的邻区。

但在一些特殊的场景下，如高速单向链型覆盖场景和室内高层覆盖场景，可能需要配置单向邻区，即希望 A 小区切换到 B 小区，却不希望 B 小区切换回 A 小区。但是配置单向邻区要谨慎，如果配置不当，有可能由于邻区漏配导致掉线。如高层室内小区信号泄漏比较严重的时候，室外用户使用了室内小区泄漏出来的信号，由于室外小区把室内小区作为邻区，而室内小区没有配置室外小区为邻区，这样当该用户在从室内小区移动到室外小区的时候，必然产生掉线。

邻区关系可以分为同频邻区、异频邻区、异系统邻区。在一般的无线系统中，同频、

异频和异系统的最大邻区数目是有限制的，不支持过多的邻区配置。

对于常见的 LTE 系统，同频、异频和异系统也都有最大的邻区配置数目限制。邻区规划的时候，要避免覆盖上互不相关的小区配为邻区，占用了系统的邻区配额。对于密集城区和普通城区，由于站间距比较近（300~800m），应配置较多的邻区；对于市郊和郊县的基站，站间距很大，邻区数目较少，但一定要避免漏配。

LTE 邻区配置的具体规则如下。

(1) 2G 系统间邻区关系。

- ① LTE 本站的异系统 2G 邻区一定要加，主打方向 1 层半邻区，旁瓣方向半层邻区。
- ② 不能加高铁专网 2G 小区。
- ③ 不能加跨 POOL 的 2G 邻区，可以在 MAPINFO 图层做个 POOL 边界图层避免添加。
- ④ 注意邻区个数（一般情况下为 12~25）。2G 测量频点最多 31 个，避免测量频点加多，后期不好维护。

(2) 3G 系统间邻区关系（注：目前有些地方要求 3G 邻区全部删除，不用添加）。

- ① 本站异系统 3G 邻区一定要加，主打方向 1 层半邻区，旁瓣方向半层邻区。
- ② 不能加高铁专网 3G 小区。
- ③ 注意邻区个数（一般情况下为 10~26）。

(3) 4G 系统内邻区关系。

- ① 本站小区之间邻区一定要加。
- ② 注意邻区个数限制。LTE 理论上，最大 64 对同频邻区、64 对异频邻区。
- ③ 尽量避免加高铁专网小区。
- ④ 服务小区和邻区之间，PCI 或频点不能同时相同。



判断题

PRACH 规划也就是 ZC 根序列的规划，目的是为小区分配 ZC 根序列索引，以保证相邻小区使用该索引生成的前导序列不同，从而减少相邻小区使用相同的前导序列而产生的相互干扰。（ ）

答案：√

解析：PRACH 规划也就是 ZC 根序列的规划。ZC 根序列规划需避免相邻小区使用相同的前导序列。



单选题

1. 以下邻区规划的原则哪个正确？（ ）
- A. 邻区越多越好
 - B. 邻区越少越好
 - C. 郊县位置间距大，相邻位置不必配置为邻区
 - D. 地理位置相邻的小区配置为邻区

答案：D

解析：同频、异频和异系统的最大邻区数目是有限制的，不支持过多的邻区配置；

过少的邻区配置会导致邻区漏配。郊区位置间距大，相邻位置的小区也需配置为邻区。

2. 在特殊时隙的规划中，首先要考虑的是（ ）。

- A. 小区覆盖距离 B. PRACH 配置 C. 传输效率 D. 多系统共存

答案：D

解析：当 TD-LTE 与 TD-SCDMA 邻频共存时，两个网络的上、下行转换时间一定要对齐，以避免上、下行交叉时隙干扰，这个是特殊时隙规划中最重要的要求。



多选题

1. LTE 网络规划的内容有哪些？（ ）

- A. TA 和 TAL 规划 B. PRACH 规划 C. PCI 规划 D. LAC 规划

答案：ABC

解析：LAC 是 2G/3G 中的位置区概念，不是 LTE 里的概念。TA 和 TAL 规划、PRACH 规划、PCI 规划都是 LTE 小区参数规划的内容。

2. 小区规划包括（ ）。

- A. 频率规划 B. TA 规划 C. PCI 规划 D. PRACH 规划

答案：ABCD

解析：小区规划也是小区参数规划，包括频率规划、邻区规划、TA 规划、PCI 规划、小区信道配置规划（如 PRACH 规划）。

3. 下列哪些原因会导致小区激活失败？（ ）

- A. 小区频点和带宽与本地小区配置不符
B. 小区下行功率配置过大
C. 小区频点和带宽不满足 RRU 支持的范围
D. 没有配置有效的 PCI

答案：ABCD

解析：小区激活失败，往往是由于小区的配置不满足要求所致，如小区频点和带宽与本地小区配置不符、小区下行功率配置过大、小区频点和带宽不满足 RRU 支持的范围、没有配置有效的 PCI 等。

4. 出现以下哪些现象时必须要对邻区关系属性进行优化调整？（ ）

- A. 邻区对长时间没有发生过切换 B. 邻区对切换失败率过高
C. 邻区间 X2 链路故障 D. 邻区进入黑名单小区

答案：BCD

解析：当邻区关系影响网络性能的时候需要进行优化调整。长时间没有发生过切换，也许是用户长时间在一个小区进行业务，不是邻区关系调整的理由。



简答题

LTE 中频点 38050 的真实频率是多少？如何计算？

解答：

首先介绍一下频点 38050 换算成真实频率的方法。在 TD-LTE 协议中给出了

TDD-LTE 频段使用的建议，如表 6-2 所示。

表 6-2 简答题表

频段指示	上行	下行
32	2545~2575MHz	2545~2575MHz
33	1900~1920 MHz	1900~1920 MHz
34	2010~2025 MHz	2010~2025 MHz
35	1850~1910 MHz	1850~1910 MHz
36	1930~1990 MHz	1930~1990 MHz
37	1910~1930 MHz	1910~1930 MHz
38	2570~2620 MHz	2570~2620 MHz
39	1880~1920 MHz	1880~1920 MHz
40	2300~2400 MHz	2300~2400 MHz

其中，终端侧测量的频点 D 值的计算方式为：

$$D=10(P-\text{Low})+\text{Offset}。$$

式中， P 为真实的频率值。

Low 的取值按照频段指示分别为 32:2545、33:1900、34:2010、35:1850、36:1930、37:1910、38:2570、39:1880、40:2300。

Offset 的取值按照频段指示分别为 32:35700、33:36000、34:36200、35:36350、36:36950、37:37550、38:37750、39:38250、40:38650。

在公式 $38050=10(P-\text{Low})+\text{Offset}$ 中，经过推算 38050 的频段指示为 38，对应频段为 2570~2620MHz，所以 Low 取值为 2570，Offset 为 37 750，计算得 $P=2600\text{MHz}$ ，38050 对应的中心频点为 2600MHz。

第 7 章 LTE 操作维护系统及故障分析

7.1 操作维护系统

考 点 介 绍

操作维护系统的组网结构。

操作维护系统的常见功能模块。

LTE 操作维护系统（OMC）的组网结构如图 7-1 所示。

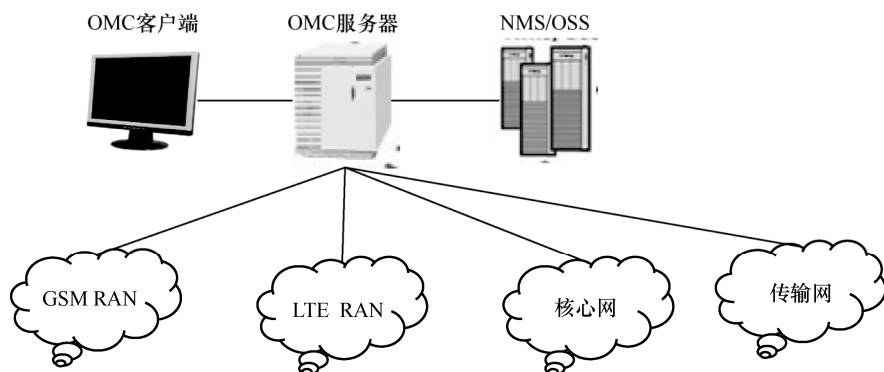


图 7-1 LTE 操作维护系统的组网结构

LTE OMC 客户端的接入模式包括本地客户端、远程客户端两种。本地客户端指客户端与服务器在一个局域网中，远程客户端指客户端与服务器不在一个局域网中。

客户端接入服务器的方式有 MML、Web 和 GUI 三种：MML 指在终端上用命令行的方式接入；Web 方式指的是用网页的方式接入；GUI 指用图形界面的方式接入。

LTE 设备的操作维护系统与运营商的网管系统（NMS/OSS）的接口称为北向接口，该接口可以支持多种协议。

LTE 的操作维护系统常见的功能如下。

- （1）配置管理（Configuration Management，CM）功能。
- （2）性能管理（Performance Management，PM）功能。
- （3）告警管理（Alarm Management，AM）和故障管理（Fault Management，FM）功能。
- （4）安全管理（Security Management，SM）功能。
- （5）日志管理（Log Management，LM）功能。

操作维护系统中不同的功能项使用的接口协议也不同，如表 7-1 所示。

表 7-1 操作维护系统中的不同功能及接口协议

功能 接口协议	配置管理 (CM)	性能管理 (PM)	告警管理和故障管理 (AM&FM)	安全管理 (SM)	日志管理 (LM)
CORBA	√	√	√	√	√
DATA BASE	√	√	√	√	√
SNMP			√		
FILE-FTP	√	√	√	√	√
SOCKET (ASCII)			√		
MML	√	√	√	√	√



填空题

SON 是 LTE 网络的重要功能, 主要包括_____、_____、自部署、_____、自配置等方面的功能。

答案: 自规划、自优化、自维护

解析: 从网络生命周期的作用来看, SON 的功能包括自规划 (Self-Planning)、自优化 (Self-Optimization)、自部署 (Self-Deployment)、自维护 (Self-Maintenance)、自配置 (Self-Configuration) 等多方面的能力。



多选题

LTE 操作维护系统的常见功能模块有 ()。

- A. 配置管理功能 B. 性能管理功能 C. 告警管理和故障管理功能
D. 无线参数规划功能 E. 安全管理功能

答案: ABCE

解析: 无线参数规划功能属于规划工具的功能模块, 不是操作维护系统的功能模块。



简答题

LTE 中, 自组织网络 SON 包括哪些功能?

解答:

包括自规划 (Self-Planning)、自部署 (Self-Deployment)、自配置 (Self-Configuration)、自优化 (Self-Optimization)、自维护 (Self-Maintenance) 等。

7.1.1 配置管理 (CM) 功能

考 点 介 绍

配置管理功能的作用。

配置管理功能的网元对象。

配置管理功能主要实现全面动态地管理全网所有网元设备硬件和软件的配置信息

或局数据，呈现设备工作状态，以图形、文字等形式分层显示配置相关的各类信息，并且具有网元集成、查询、编辑、删除、预设、备份、合法性检查和回滚网元配置数据等功能。

配置管理功能可管理的网元对象包括：

(1) 核心网。

TD-LTE 网络：MME、ServingGW、PGW 等设备及相关链路。

GSM/TD-SCDMA 网络：MSC_Server、MGW、VLR、HLR/AUC、GGSN、SGSN、DNS、FW 等设备及相关链路。

(2) 无线接入网。

TD-LTE 网络：eNodeB 设备及相关链路。

GSM 网络：BSC、BTS 等设备及相关链路。

3G 网络：RNC、NodeB 等设备及相关链路。

(3) OMC。

OMC 能查询网管系统本身设备（包括数据库服务器、应用服务器等）的配置信息，包括主机名、IP、端口、操作系统、软件版本等。

配置管理功能可以实现网元软件管理，包括网元软件包和补丁的版本、状态、激活时间的查询；网元软件包的补丁备份；网元软件包和补丁的下载；网元软件包、补丁激活和回退等。

配置管理功能对 eNodeB 的数据配置管理包括：

(1) 传输配置（包括路由配置、SCTP 链路配置等）、板卡配置、X2 接口、S1-U 接口、S1-MME 接口配置等。

(2) 小区配置、小区频点配置、邻区配置、信道配置等。

(3) 自动配置功能及自优化功能，包括基站自启动、PCI 自优化、自动邻区优化等。



多选题

下面属于操作维护系统的配置管理功能的是（ ）。

A. eNodeB 的数据配置管理

B. 查询网元软件管理，包括网元软件包和补丁的版本、状态

C. MME、ServingGW、PGW 等设备及相关链路的管理功能

D. 网元性能的测量指标的管理功能

答案：ABC

解析：网元性能的测量指标属于性能管理模块，不属于配置管理模块。

7.1.2 性能管理（PM）功能

考 点 介 绍

性能管理模块的作用。

性能管理模块的测量任务。

性能管理是网络管理的一项重要功能,要求 OMC 能够定义网元性能测量任务,并以适当的方式采集、存储、呈现性能测量数据。通过对各类性能测量数据的收集、实时观察、存储分析,对如何提高网络服务质量、网络资源的分配和规划提供基础数据和合理建议,从而达到对网元的性能进行监控和优化的目的。

性能管理功能可以对 KPI 指标进行管理,包括用户自定义的指标和系统提供的默认指标。对于用户自定义的 KPI 指标,如果该指标没有被使用,则可以进行指标公式的修改和删除操作。系统提供的默认指标不允许进行修改和删除。

通过指标管理我们创建指标、查看指标、修改指标、删除指标、修改指标、刷新指标、定制显示列、打印指标、导入指标、导出指标。

指标值的变化情况反映了网络的运行状态。所有 KPI 公式中对应的计数器都来自基本测量。

OMC 允许用户在一个测量任务中,指定网元性能测量的如下属性。

- (1) 测量对象:需要开启测量的某类网元列表。
- (2) 性能测量数据集:对应于性能测量数据集,集合中的参数是可自定义的。一个测量任务可以包括一个或多个性能测量数据集。
- (3) 测量起始时间:若不指定,则表示立即开始,时间定义为“年月日时分”。
- (4) 测量终止时间:若不指定,则表示一直监测,时间定义为“年月日时分”。
- (5) 测量时段:测量时段指定一天中哪些时段需要测量,每个时段的起始时间为零点或零点加测量粒度的整数倍。
- (6) 测量计划:取值为周测量计划或月测量计划。
- (7) 测量粒度,即测量采集时间间隔,要求能提供的测量粒度为 15min。

测量任务定义完成后,其初始状态为“未激活”。测量任务需要执行激活操作才能生效;应能够对同一个网元的同一个性能测量数据,开启多个不同测量粒度的测量任务。OMC 可以对已经生成的性能测量数据进行有效的采集、存储、查询和报表生成。

性能门限管理实现自动根据当前性能指标值或性能指标的运算结果与预先定义的阈值进行比较,如果超出阈值规定的范围,则产生相应级别的性能告警;一旦回到正常值范围,这个告警就自动清除。

性能阈值管理包括性能门限的创建、性能门限的查询与修改、性能门限的删除、性能门限的挂起与恢复。



多选题

对操作维护系统的性能管理模块描述正确的是 ()。

- A. OMC 能够定义网元性能测量任务
- B. 性能管理功能可以对 KPI 指标进行管理
- C. 性能阈值管理可以对性能门限进行创建、查询与修改
- D. 性能管理可以完成虚拟路测的功能,可以取代路测

答案: ABC

解析:操作系统的性能管理模块可以定义网元性能测量任务,可以对 KPI 指标进行管理,可以对性能门限进行创建、查询与修改,但不能代替路测。

7.1.3 告警管理和故障管理（AM&FM）功能

考点介绍

告警功能。

故障管理功能。

OMC 故障管理子系统的主要功能是对子网设备进行统一的故障管理，提供告警收集显示（及查询）、故障检测、故障诊断（定位）和故障处理工具。

操作维护系统应能实时收集网元发出的告警信息，并自动更新当前告警列表（并能对网元告警进行同步）。同时，应提供对全网告警的集中呈现视图，以实现告警的集中监控。一般要求网元产生的告警必须在 5s 之内在 OMC 上呈现。

OMC 应保存一定时期内的历史告警信息，并具备对历史告警信息进行查询和统计的功能。

OMC 提供的告警信息应包括以下内容：

- （1）产生告警的设备类型及标识符：应为设备的名称及唯一标识符。
- （2）告警产生时间：应为 OMC 或网元产生告警的时间。
- （3）告警清除时间：应为 OMC 或网元清除告警的时间。
- （4）告警对象：告警正文中告警的对象。例如，TD-LTE 网络中的 eNodeB 会产生告警，该告警的告警对象为 eNodeB。

（5）定位信息或者故障源：可以定位产生告警的故障点。故障点的逻辑定位，如信令点故障可以定位到信令点，中继故障可以定位到中继，小区故障可以定位到小区。故障点的物理定位，如具体到板卡及端口级。增加这个字段的目的在于故障的快速定位及告警的关联分析。

告警类型可以为：通信告警、设备告警、处理错误告警、环境告警、服务质量告警。

告警级别按严重程度依次为严重告警（Critical）、主要告警（Major）、次要告警（Minor）、警告告警（Warning）四类。

- （1）严重告警：使业务中断并需要立即进行故障检修的告警。
- （2）主要告警：影响业务并需要立即进行故障检修的告警。
- （3）次要告警：不影响现有业务，但需进行检修以阻止恶化的告警。
- （4）警告告警：不影响现有业务，但发展下去有可能影响业务，可视需要采取措施的告警。



单选题

对操作维护系统的故障和告警功能描述不正确的是（ ）。

- A. 告警类型可以为：通信告警、设备告警、处理错误告警、环境告警、服务质量告警
- B. 告警级别按严重程度依次为：严重告警、主要告警、次要告警、警告告警
- C. 对子网设备进行统一的故障管理，提供告警收集显示（及查询）、故障检测、

故障诊断（定位）和故障处理工具

D. 不同网络资源的访问和管理

答案：D

解析：对不同网络资源的访问和管理功能属于安全管理模块的范畴。

7.1.4 安全管理（SM）功能

考点介绍

操作维护系统的安全管理功能。

通过安全管理，网络管理系统管理员可以创建安全策略、管理角色和角色集、进行部门管理、维护用户账号及设置许可信息等，从而实现不同权限的用户对不同网络资源的访问和管理，从而保障网管系统正常、可靠地持续运行。

其中，安全策略指定的是对所有用户适用的综合策略，包括用户账号管理规则、何时产生安全事件等；而角色、角色集、部门和用户实现的是对单个用户权限的操作与管理策略，因此它们是安全管理策略的核心。



多选题

对操作维护系统的安全管理模块描述正确的是（ ）。

- A. 网络管理系统管理员可以创建安全策略
- B. 网络管理系统管理员可以维护用户账号及设置许可信息
- C. 实现对单个用户权限的操作与管理
- D. 实现对所有用户适用的综合策略

答案：ABCD

解析：安全管理中重要的是安全策略、管理角色和角色集，从而实现不同权限的用户对不同网络资源的访问和管理。

7.1.5 日志管理（LM）功能

考点介绍

操作维护系统的日志管理功能。

日志管理是系统管理员跟踪系统运行状态、定位系统故障、追踪用户使用情况的有效工具。对于普通用户，通过日志管理也可以回顾历史操作，并了解系统的工作状态。通过日志查询功能，用户可以查询所有系统保存的日志信息，也可以按条件查询指定的日志信息。

日志类型可分为如下三类。

（1）系统日志。

监测 OMC 的运行状态，包括 OMC 软件进程日志（包括北向接口进程）、数据库进程日志、系统备份记录服务器、定时任务的完成情况等。

(2) 网元/OMC 操作日志。

用户通过 OMC 对网元和对 OMC 本身所执行的操作记录（包括 NMS 通过北向接口对网元和 OMC 本身所执行的操作记录）。

(3) 安全日志。

用户活动（登录、注销）记录、鉴权记录，包括日志 ID、用户名称、主机地址、日志名称、操作时间、接入方式和详细信息。



判断题

用户通过 OMC 对网元和对 OMC 本身所执行的操作都可以在 OMC 中被记录下来。
()

答案：√

解析：OMC 的日志管理功能可以完成对网元和对 OMC 本身所执行操作的记录。

7.2 eNodeB 天馈问题分析

7.2.1 天馈故障概述

考点介绍

天馈系统的故障类型。

天馈系统故障的排查思路。

LTE 天馈系统的组成如图 7-2 所示。天馈故障有 3 种类型：射频通道故障、BBU-RRU CPRI 光纤故障、GPS 故障。

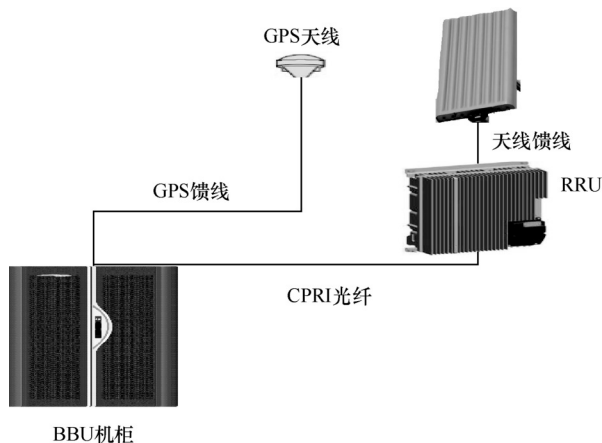


图 7-2 LTE 天馈系统的组成

为了排查天馈故障，应首先收集天馈的故障信息，包括故障现象，故障发生的时间、位置和发生频率，判断影响的范围，了解故障发生前设备的运行状态、故障发生前的操作和相应结果、故障发生后的测量和相关影响、故障发生时的告警和衍生告警、故障发生时指示灯的状态。

根据收集的信息，初步判断出故障发生的性质和大致范围，修正相应的线缆和接头；如告警仍然存在，没有解决问题，则替换相应的硬件，或者修正相应的配置数据，直到彻底解决问题为止。

天馈故障的处理流程如图 7-3 所示。

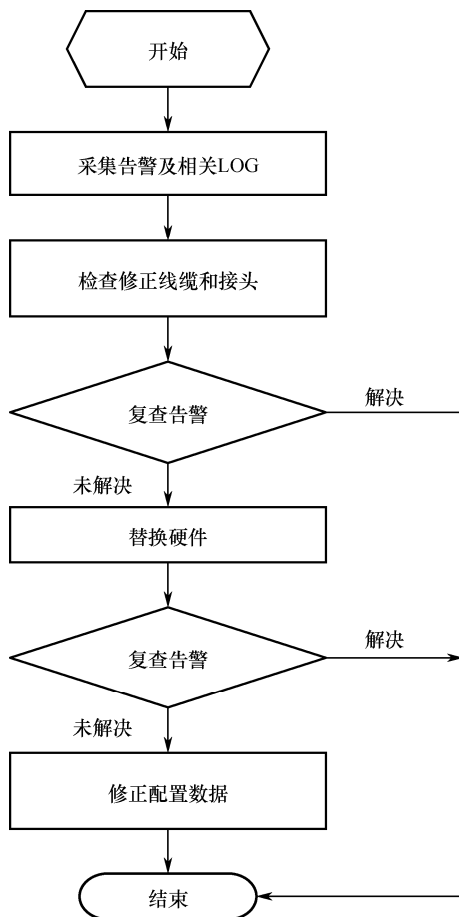


图 7-3 天馈系统的故障处理流程



多选题

1. 下列原因哪些不会造成“天线校正失败”告警？（ ）
 - A. 校准口 CAL 与天馈口 ANT_x 接反
 - B. 通道驻波比高
 - C. BBU 与 RRU 间光口有链路接收故障告警
 - D. 光模块协议类型配置错误

答案：CD

解析：BBU 和 RRU 之间的光口，以及光模块的问题和天线关系不大。天馈口接反及通道驻波比高是天线常见的问题。

2. 下面哪些参数属于天线的电气指标？（ ）

- A. 增益 B. 驻波比 C. 波束宽度 D. 天线质量

答案：ABC

解析：天线的质量是天线的机械指标，不是电气指标。

3. 天线极化方向有（ ）。

- A. 水平极化 B. 垂直极化 C. +45°倾斜极化 D. -45°倾斜极化

答案：ABCD

解析：天线极化方向有垂直极化、水平极化、+45°和-45°的角度极化。

4. 天线按照方向性，可分为（ ）。

- A. 全向天线 B. 定向天线 C. 线状天线 D. 面状天线

答案：AB

解析：天线按照方向性，可分为全向天线、定向天线。线状天线和面状天线是按照天线的形状分类的，不是按照方向性。



简答题

1. 在测试过程中，怎样辨别两个小区接反？

解答：

在 A 小区接收到 B 小区的信号，或在 B 小区接收到 A 小区的信号。

2. 多载波基站如何共用收发天线？

解答：

LTE 基站的合路器内，使用不同的带通滤波器供给不同载波使用。如果 LTE 和 TD 合路，则采用外部合路器。

7.2.2 射频通道故障

考点介绍

射频通道故障的常见原因。

射频通道发生故障，无线系统的影响有以下几种：

- (1) 小区退服。
- (2) 掉线或者断话。
- (3) 无法接入或者接入成功率低。
- (4) 手机信号不稳定，时有时无，通话质量下降。

射频通道常见告警及其可能的原因如图 7-4 所示。

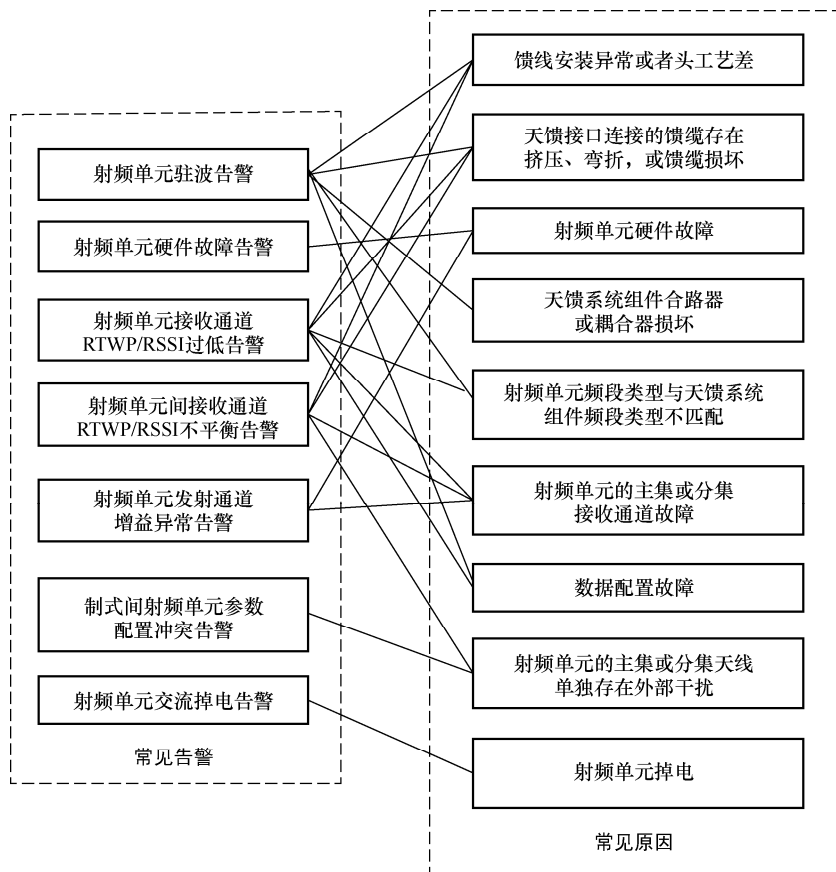


图 7-4 射频通道常见告警及其可能的原因



单选题

射频单元发生驻波告警，不可能的原因是（ ）。

- A. 馈线安装异常
- B. 合路器/耦合器损坏
- C. 频段类型不匹配
- D. 射频单元电压低

答案：D

解析：馈线安装异常、合路器/耦合器损坏、频段类型不匹配均可造成驻波比升高，电压低不是驻波告警的原因。

7.2.3 GPS 故障分析

考 点 介 绍

GPS 故障的常见原因。

GPS 发生故障后，基站不能与参考时钟源同步，系统时钟进入保持状态，短期内不影响业务。如果基站长时间获取不到参考时钟，则会导致基站系统时钟不可用，此

时基站业务处理会出现各种异常，如小区切换失败、掉线等，严重时，基站不能提供业务。

GPS 常见故障告警及可能的原因如图 7-5 所示。

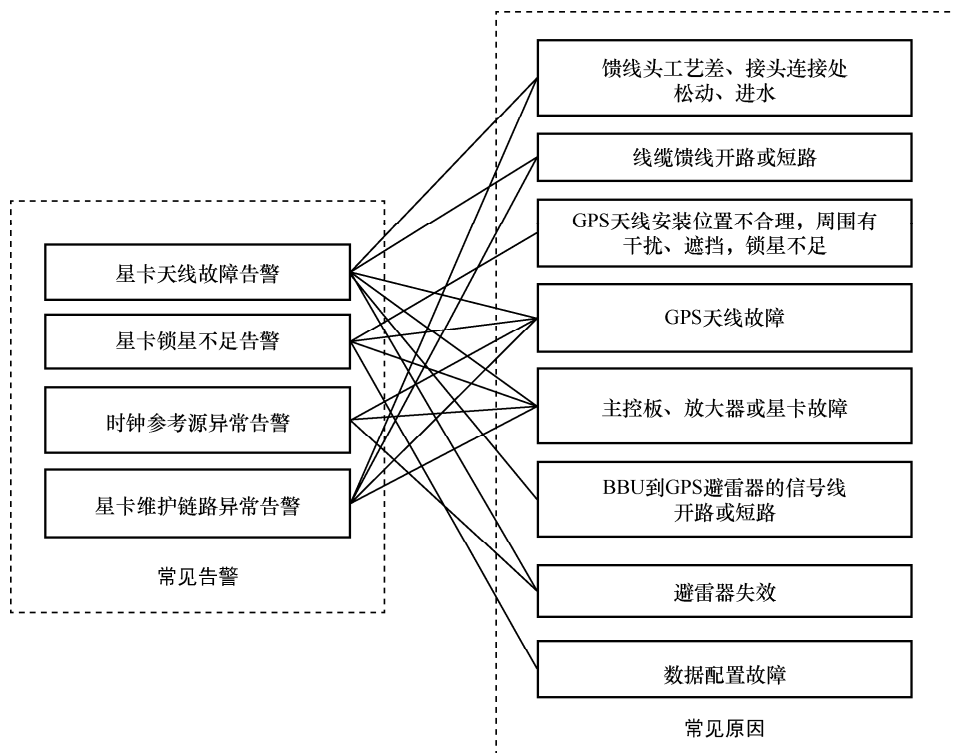


图 7-5 GPS 常见故障告警及可能的原因



单选题

GPS 天线安装位置不合理，周围有干扰、遮挡，可能造成（ ）告警。

- A. 星卡天线故障告警
- B. 星卡锁星不足告警
- C. 时钟参考源告警
- D. 维护链路异常告警

答案：B

解析：GPS 天线安装位置不合理，周围有干扰、遮挡，可能导致星卡锁星少于 3 颗，从而导致告警。

7.2.4 CPRI 接口故障

考点介绍

CPRI 接口故障的可能原因。

CPRI 接口故障会导致小区退服或服务质量劣化、RRU 故障或频繁重启。

CPRI 接口常见故障和告警及可能原因如图 7-6 所示。

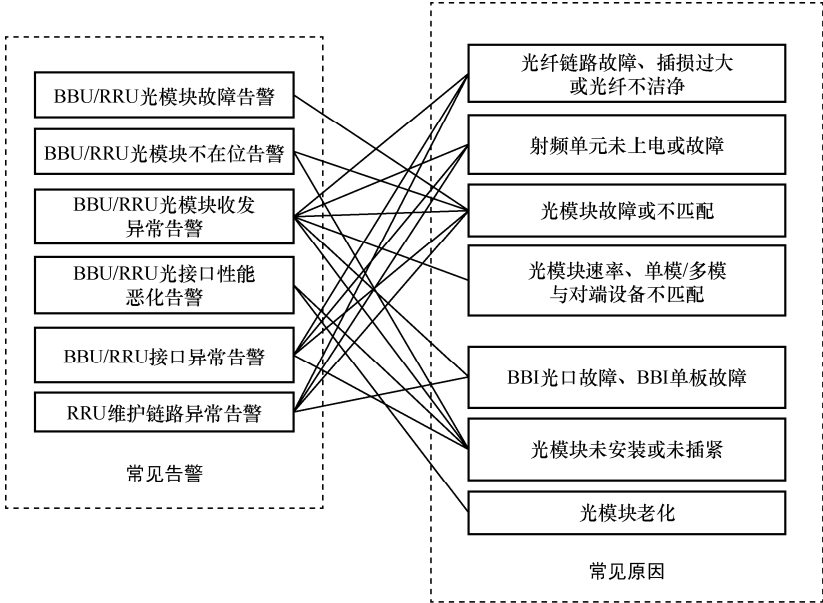


图 7-6 CPRI 接口常见故障告警及可能原因



多选题

- BBU/RRU 光模块收发异常告警可能的原因是（ ）。
- A. 光纤链路故障
 - B. 光模块故障
 - C. 光模块速率与对端不匹配
 - D. 光模块老化

答案：ABCD

解析：光模块和光纤链路上的很多问题都可能导致光模块收发异常。

7.3 eNodeB 传输问题分析

7.3.1 传输问题分类

考 点 介 绍

eNodeB 传输问题分析。

按照传输问题的性质分类，可分为通断类、性能类、安全类、证书类，如表 7-2 所示。

表 7-2 按照传输问题的性质分类

类 别	常见问题现象
通断类	物理端口/链路等电气化故障导致闪断
	VLAN、路由错误、ARP 无法获取或老化导致链路不通
	IP 冲突、路由冲突等导致 IP 链路闪断
	上层应用链路不通（SCTP、IPPATH、OMCH、CMPV2、时钟、…）

续表

类 别	常见问题现象
性能类	TCP 数传吞吐量不达标
	上层应用体验差（VOD、HTTP、…）
安全类	IKE/IPSec 协商/重协商失败
	IPSec 性能类：TCP 吞吐量异常
	OM 安全（SSL、FTPS、HTTPS）
	安全开站和网络改造类（PnP、USB、网络改造）
证书类	PKI 系统无法访问
	证书申请、更新失败（CMPV2）
	证书过期、证书撤销等

按照传输问题归属的协议层次可以分为表 7-3 所示的几类。

表 7-3 按照传输问题归属的协议层次分类

协 议 层	常见问题现象
L5（S1AP）	信令终端/吞吐量异常
L4（SCTP）	上层应用链路不通（SCTP、IPPATH、OMCH）
L3（IP 层）	IP 冲突、路由错误等导致业务异常
L2（链路层）	VLAN 错误、ARP 异常导致链路不通
L1（物理层）	光纤/光模块故障、物理端口连接不良、光电模式协商不正确等导致物理链路不通



单选题

VLAN 错误、ARP 异常导致链路不通，属于（ ）层的传输问题。

A. 物理层 B. 链路层 C. IP 层 D. SCTP 层

答案：B

解析：按照传输问题归属的协议层次分类，VLAN 错误、ARP 异常导致链路不通属于链路层传输问题。

7.3.2 定位传输问题的总体解决思路

考 点 介 绍

定位传输问题的解决思路。

定位传输问题需要关注以下几方面。

- （1）基站侧参数的配置（端口配置、IP 层配置、安全参数配置、应用层配置等）。
- （2）交换机传输参数配置（VLAN、QinQ 等）。
- （3）路由器传输参数配置（VRRP 功能配置、IP 地址、IP 路由、MTU）。

(4) 安全网关参数配置（证书、安全参数配置、通信矩阵）。

(5) SAE/M2000 参数配置（IP 层配置、应用层配置等）。

定位传输问题的总体思路：分层/逐段排查。

(1) 分层法：根据协议层，逐层定位，定位出实际故障点。

低层协议的告警会引起高层协议的告警，所以要按照从低层到高层的故障定位顺序，判断故障发生的协议层次。

第一，要排除物理层的故障，查看告警、观察基站和直连传输设备指示灯是否正常。光纤/光模块故障、物理端口连接不良、光电模式协商不正确等都会导致物理链路不通。

第二，查看是否存在 VLAN 错误、ARP 异常导致链路不通，检查 ARP 表项及 VLAN 配置是否正确。

第三，看第三层是否存在 IP 冲突、路由错误等导致业务异常，查看基站路由配置，使用 Ping/TraceRT 进行问题隔离。

第四，看上层应用链路是否不通（SCTP、IPPATH、OMCH），使用 SCTP 跟踪、GTPU 跟踪进行问题排查。

第五，看信令终端/吞吐量是否异常。使用 S1 信令跟踪或者 X2 信令跟踪进行问题定位。

(2) 逐段法：完成故障隔离，对数据流进行分段，逐段环回，逐段定位，如图 7-7 所示。

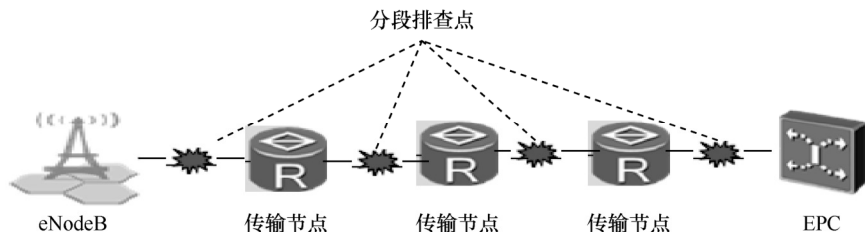


图 7-7 分段排查



单选题

以下关于定位传输问题的思路错误的是（ ）。

- A. 根据协议层，逐层定位
- B. 要遵循从低层到高层的故障定位顺序
- C. 要遵循从高层到低层的故障定位顺序
- D. 对数据流进行分段，逐段环回，逐段定位

答案：C

解析：低层协议的告警会引起高层协议的告警，因此要遵循从低层到高层的故障定位顺序。从高层到低层的故障定位顺序是错误的。



多选题

下列哪些属于不规范的施工行为？（ ）

- A. 某工程人员由于紧急事情未换鞋便走进用户机房
- B. 某工程师未经客户同意使用客户电话
- C. 某工程师在随工人员的许可下在机房抽烟
- D. 某工程队在天馈安装中，塔下施工人员未戴安全帽，塔上人员未系安全带

答案：ABCD

解析：工程师入场施工时，需符合相应的工程施工规范。

第 8 章 工具及指标

8.1 路测工具及路测内容

考 点 介 绍

路测常用的工具。

常见路测内容。

路测（Drive Test，DT），即驱车道路测试，适用于无线网络建设完成后，考察无线网络性能，特别是考察网络的覆盖情况、通话保持能力、移动性等能力。

传统路测需要投入测试人员、测试设备、测试车辆，沿着主要道路多次反复测试，耗费人力物力巨大，却只能反映测试用户的信号水平，不能反映所有用户的信号水平。同时，通过传统路测，很难覆盖到一些特殊场景，如室内、生活小区、水面等，复现问题困难，定位解决问题较慢，效率低。

随着大数据技术的发展，人们自然会想到，远程使用测试数据分析的方法代替传统路测，提高效率、降低成本，同时能够收集更复杂多样场景的网络质量情况。

虚拟路测，即网络侧通过收集所有终端用户的测量报告（Measurement Report，MR）及通话历史记录（Call History Report，CHR），从中分析、计算出用户经纬度信息及相应位置的电平、干扰及异常事件原因，以此来代替道路测试。

8.1.1 路测的常用工具

- （1）测试软件：CDS、鼎立软件、华星软件等，采集空口数据并分析出报告。
- （2）测试硬件：测试终端、商用终端、MIFI、ATU。
- （3）扫频测试：JDSU、创远、罗德施瓦茨等。
- （4）辅助测试软件：Mapinfo、抓图软件、NetMeter、GoogleEarth、Wireshark、自制宏等。

8.1.2 路测的常见内容

- （1）网络性能评估。

网络性能评估主要通过室内外网络的遍历性测试，评估网络主要业务的性能情况。排除了数据源、网间互联等因素，网络性能指标反映的是网络的极限能力，不代表客户的真实感知。

路测的网络性能评估可以反映网络覆盖、干扰、资源不足等方面的问题，指导网络规划建设，也可以指导网络层面的性能和质量优化。

主要关注的指标：覆盖、干扰等网络指标；下载速率、呼叫成功率等主要业务指标；基站、小区遍历性指标。

(2) 客户感知评估。

路测的客户感知评估，按照客户真实的业务行为，如登录网站、看视频等，测试评估端到端实际的业务质量情况。

在网络性能基础上，分析各种业务的端到端质量问题，指导基于业务的质量优化，可以是面向竞争对手的业务质量优化。

主要关注的指标：基于浏览、下载、视频播放等业务的质量指标，如下载速率、登录时延、返回时延等。在端到端客户感知业务质量评估中，应使用流量和知名度的 TOP 网站或业务，同步进行竞争对手的业务质量对比评估。



判断题

路测工具采用扫频仪的原因之一是因为它不受小区邻区列表的限制。（ ）

答案：√

解析：扫频仪只负责测量相应频率的信号强度，不受小区邻区列表的限制。



多选题

1. 室内单站验证测试中定点测试包括（ ）。

- A. 室内外切换测试
- B. 上行吞吐量测试
- C. 下行吞吐量测试
- D. PING 时延测试

答案：BCD

解析：室内单站验证测试中定点测试不存在移动性，不能进行切换测试。上行吞吐量测试、下行吞吐量测试、PING 时延测试均可在室内单站验证中进行。

2. 目前 TD-LTE 使用的 8 通道智能天线，在 RRU 和天线上各有 9 个端口，如果它们之间的端口没有按规范连接，相互连接错误，则测试时可能出现的异常现象有（ ）。

- A. RSRP 无太多变化，SINR 值有陡降现象
- B. 下载速率波动比较大，平均速率低
- C. 对上行业务速率影响不明显，SINR 无陡降现象
- D. 下载数据量越大，SINR 陡降越明显，不做业务或进行小数据下载 SINR 陡降不明显

答案：ABD

解析：如果天线端口相互连接错误，测试时可能出现的异常现象主要表现在下行 SINR 的陡降上，进而对下行速率影响较大。对 RSRP 无太多影响，对上行速率的影响也不明显。不做业务或进行小数据下载时，SINR 陡降不明显。



简答题

1. LTE 测试过程中，一般关注哪些指标和信息？

解答：

LTE 测试中，主要关注以下指标：

(1) PCI（小区的标识码）是否与规划一致。

(2) RSRP（参考信号的平均功率，表示小区信号覆盖的好坏）。

(3) SINR（相当于信噪比，表示信号质量的好坏）。

(4) RSSI（Received Signal Strength Indicator，指的是手机接收到的总功率，包括有用信号、干扰和底噪）。

(5) PUSCH Power（UE 的发射功率）。

(6) 传输模式（TM3 为双流模式）。

(7) Throughput DL、Throughput UL、上/下行速率。

(8) 附着与去附着是否正常。

(9) RB 资源块的调度率、MCS 调制及编码方式。

(10) 掉线率、连接成功率、切换成功率。

2. 进行宏站单站验证的目的是什么？

解答：

单站验证是网络优化的基础性工作，其目的有以下几点：

(1) 保证站点各个小区的基本功能（接入、PING、FTP 上传/下载业务等）和信号覆盖正常。

(2) 保证安装、参数配置等与规划方案一致。

(3) 有可能影响后期优化的问题在前期解决。

(4) 还可以熟悉优化区域内的站点位置、无线环境等信息，获取实际基础资料，为更高层次的优化打下良好基础。

3. 单站验证需要携带的工具有哪些？作用分别是什么？

解答：

如表 8-1 所示。

表 8-1 单站验证需要携带的工具

序 号	测 试 工 具	作 用
1	LTE 数据卡	支持 LTE 网络数据业务
2	GPS+手持 GPS	支持 USB 接口，测试数据采集时提供 GPS 信息；手持 GPS 用于在天线平面采集准确的基站经纬度信息
3	车载逆变器	从车辆点烟器取电，为测试计算机提取电源
4	罗盘	用于测量天线的方向角和机械下倾角
5	USB Hub	扩展计算机 USB 口数量
6	照相机	用于拍摄天面及附近地理环境
7	SIM 卡	用于测试各种业务
8	插线排	用于供电
9	测试计算机	运行路测数据采集软件，连接测试终端
10	纸质地图+电子地图	为测试提供地理信息
11	测试车辆	具备方便测试操作的空间与平台，具备点烟器或蓄电池供电装置
12	记事本和笔	测试时记录信息
13	前台路测数据采集软件	支持 LTE 制式路测数据采集
14	后台路测数据分析软件	支持 LTE 制式后台数据分析

4. 简述路测时发现小区间天线接反可以从哪几方面去排查。

解答：

- (1) 核查小区 PCI 参数是否配错。
- (2) 排查 BBU-RRU 光纤是否接反。
- (3) 排查小区间 RRU-天线间的跳线是否接反。

5. 请列举路测优化时，需要关注的相关配置参数和指标。

解答：

- (1) 参数：频点、带宽、子帧配置、特殊子帧配置、PCI、CQI、MCS、PRB、PUSCH power、transmission mode。
- (2) 指标：RSRP、SINR、BLER。

8.2 信令监测系统

考点介绍

信令监测的关键技术。

信令监测常见的数据采集点。

各接口在信令监测中的作用。

信令监测就是对移动通信网中，各网元接口之间、交互的信令数据进行采集、存储、计算和统计分析，呈现相应的指标，以反映移动网络的健康程度、业务体验情况，以及用户体验情况。

信令监测的关键技术点有以下 3 个：数据采集、海量数据存储、数据关联分析。

数据采集有软采和硬采两种。软采一般在无线侧，通过内置的信令接口板将无线侧内部打点的数据取下来，通过网管设备的北向接口把数据送到相应的服务器中；硬采就是在网元之间的接口，通过分光设备，也可以叫探针，将光口中的数据复制一份，送到相应的服务器中。

信令采集的数据量相当大，每时每刻都有数据。存储这些数据需要大量的服务器，所以需要根据数据用途的特征，决定存储时间的长短和存储字段的多少。有的数据只需存储一周忙时的，或一个月的；有的需要进行全量存储，有的只需要部分存储。

移动通信网络的接口众多，端到端的指标需要多个接口获取的数据进行关联分析。关联分析最主要的难点就是将一个用户、一个业务不同接口之间的数据按照时间匹配关联起来，尤其是核心网侧的接口数据、无线侧数据和空口数据的关联分析。这就涉及指标关联分析中的准确性和完整性问题。

8.2.1 信令监测采集点

LTE 数据业务常用的信令监测点是 S1-MME（用于信令面）和 S1-U（用于用户面）。CSFB 的信令监测点主要是 SGs/Sv 接口，监测 2G 侧的性能还需部署 Mc 口和 A 口。VoLTE 业务的信令监测点主要是 SGi 口和 Mw 口。信令监测接口示意图如图 8-1 所示。

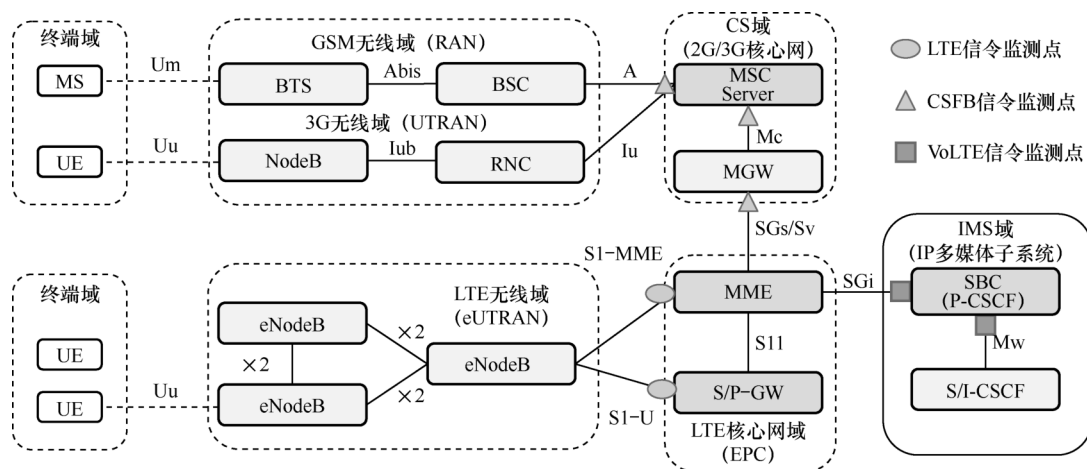


图 8-1 信令监测接口示意图

8.2.2 接口作用表

各接口在信令监测中的功能和作用如表 8-2 所示。

表 8-2 各接口在信令监测中的功能和作用表

接 口	位 置	功能和作用	采 集 网 元	采集方式
S1-MME	eNodeB ↔ MME	LTE 信令面数据，做移动性管理信令分析	MME	硬采
S1-U	eNodeB ↔ SGW	LTE 用户面数据，做业务质量分析	S/PGW	硬采
S11	MME ↔ SGW/PGW	会话管理信令分析	MME	硬采
SGi	MME ↔ SBC	VoLTE 端到端信令分析	SBC	硬采
Mw	P-CSCF ↔ I/S-CSCF	采集 VoLTE 注册、呼叫、短消息信令	I/S-CSCF	硬采
SGs/Sv	MME ↔ MSC Server	采集 CSFB 回落到 2G 或 VoLTE 切换到 2G 的信令	MSC Server	硬采
Mc	MGW ↔ MSC Server	CSFB 呼叫过程及 2G 业务流程	MSC Server	硬采
A	BSC ↔ MSC Server	2G 无线侧问题定位分析	MSC Server	硬采
Iu	RNC ↔ MSC Server	3G 无线侧问题定位分析	MSC Server	硬采
Uu	UE ↔ eNodeB/NodeB	LTE/3G 空口信令分析	eNodeB/NodeB	软采
X2	eNodeB ↔ eNodeB	LTE 无线侧移动性问题分析	eNodeB	软采
Um	MS ↔ BTS	2G 空口信令分析	BTS	软采
Abis	BTS ↔ BSC	2G 无线侧问题定位分析	BSC	软采
Iub	NodeB ↔ RNC	3G 无线侧问题定位分析	RNC	软采



单选题

现在要对 CSFB 业务进行信令监测分析，在 LTE 侧已有的监控接口上，一定要新增的接口是（ ）。

A. A 接口

B. Mw 接口

C. SGi 接口

D. SGs/Sv 接口

答案：D

解析：CSFB 的信令监测点主要是 SGs/Sv 接口，A 接口是 2G 侧信令监控的接口，

SGi 和 Mw 是 VoLTE 业务的信令监测点。



多选题

要想对 VoLTE 业务性能进行信令监测分析，需要关注的接口有（ ）。

A. SGi

B. SGs/Sv

C. Mw

D. Abis

答案：ABC

解析：VoLTE 端到端信令分析的主要接口是 SGi 口，VoLTE 切换到 2G 的信令需要在 SGs/Sv 口做监控，采集 VoLTE 注册、呼叫、短消息信令，需要考虑 Mw 口。Abis 口用于 2G 无线侧问题定位分析，与 VoLTE 业务性能监控关系不大。

8.3 KPI

考 点 介 绍

KPI 的获取途径。

主要 KPI 及其验收标准。

KPI（Key Performance Indication，关键性能指标）是评价无线网络运行情况的重要标准，描述网络所能实现的端到端的性能。采集方式包括 OMC 性能统计或测试等。

有 KPI，就有非 KPI，即 PI（Performance Indication），它是关键程度略低的业绩指标，作为网络评估的参考数据。

8.3.1 KPI 的获取

性能指标（包括 PI 和 KPI）需要在基站上启用相应的计数器，由 OMC 的性能管理模块统计计算后得到。

一个性能指标可以由两个或多个计数器测量的数据统计计算出来，如 RRC 连接建立成功率、ERAB 建立成功率、寻呼拥塞率。测量时要明确测量的对象和测量的类型。在明确测量的对象和测量的类型后，计数器进行相应事件的测量。

测量对象是承载数据的基本单元，如小区、小区对、eNodeB、eNodeB 传输 IP 链路类型。

测量类型明确数据的属性，如小区 RRC 连接统计、小区 ERAB 统计、小区时间统计等。

计数器是数据的载体，也是组成指标的基础元素，如 RRC 连接建立成功次数、RRC 连接失败次数（定时器超时）、QCI1 初始的 ERAB 建立成功次数等。

8.3.2 KPI 的分类

KPI 的分类及示例和参考要求如表 8-3 所示。

表 8-3 KPI 指标的分类及示例和参考要求

分 类	KPI 示例	参 考 要 求
覆盖类指标	RSRP、RSRQ、RS-SINR	RSRP > -100dBm 且 RS-SINR ≥ -3dB 的概率大于 95%
资源容量指标	S1 接口流量 PDSCH PRB 平均利用率 PUSCH PRB 平均利用率 PRACH 资源平均利用率	移动参考标准：PUSCH PRB 平均利用率 > 50%，PDSCH PRB 平均利用率 > 70%，需要考虑扩容
接入类指标	RRC 建立成功率 ERAB 建立成功率 寻呼成功率	连接建立成功率 > 95%，接入时延 < 80ms 寻呼成功率 ≥ 95%
保持类指标	无线掉线率 ERAB 掉线率	掉线率 ≤ 4%
移动性指标	切换成功率 eNodeB 内切换成功率 eNodeB 间切换成功率 eSRVCC 成功率	切换成功率 ≥ 95%，控制面切换时延 < 100ms，用户面切换时延 < 50ms
时延类指标	Attach 时延 用户面时延 切换中断时延	空口用户面时延要 < 5ms，E2E 用户面时延要 < 10ms



多选题

下面和接入类 KPI 指标强相关的是（ ）。

- A. RRC 建立成功率 B. ERAB 建立成功率
C. eSRVCC 成功率 D. 寻呼成功率

答案：ABD

解析：eSRVCC 成功率属于移动性指标，和接入类指标关系不大。接入成功率是 RRC 建立成功率和 ERAB 建立成功率之积。被叫接入成功率和寻呼成功率的关系较大。



简答题

日常工作中，基站的 KPI 话统主要需要查看什么指标？

解答：

主要查看 RRC 建立成功率、ERAB 建立成功率、无线接通率、ERAB 掉线率、ERAB 拥塞率、RRC 连接异常掉线率、切换成功率、上/下行 PRB 资源利用率。

第 9 章 LTE 网络优化

9.1 LTE 覆盖类问题

考 点 介 绍

LTE 常见的覆盖类问题。

覆盖类指标分析。

产生覆盖问题的原因。

解决覆盖问题的手段。

LTE 无线网络常见的覆盖问题有弱覆盖、越区覆盖、上/下行不平衡和无主导小区等。

弱覆盖会导致业务连续性中断或业务边缘速率严重降低等问题。覆盖空洞也属于一种弱覆盖。

越区覆盖是指某些基站的覆盖区域超过了规划的范围，在其他基站的覆盖区域内形成了不连续的强信号区域，是一种重叠覆盖。

无主导小区指某片区域内，服务小区和邻区的接收电平相差不大，不同小区之间的下行信号在小区重选门限附近波动，且区域内接收电平质量较差。无主导小区可能由弱覆盖造成，也可能由重叠覆盖导致。

越区覆盖和无主导小区容易导致服务小区的信号质量不稳定。在空闲态的终端，主导小区重选更换过于频繁；在连接态的终端，发生切换频繁或者掉线等问题。

LTE 覆盖优化主要有两个任务：消除弱覆盖和控制重叠覆盖。

9.1.1 覆盖指标分析

在 LTE 中，衡量覆盖水平的指标为 RSRP、SINR。如前文所述，RSRP（Reference Signal Receiving Power）是测量 RE 功率的线性平均值，SINR（Signal to Interference plus Noise Ratio，信号与干扰加噪声比）指接收到的有用信号强度与接收到的干扰信号（噪声和干扰）强度的比值。LTE 网络覆盖水平的考核一般表示为连续覆盖率。当某个区域的连续覆盖率低于 95% 时，一般认为该区域存在弱覆盖。

9.1.2 产生覆盖问题的原因

产生覆盖问题的原因如下：

（1）站点规划不合理。由于受地图数据完整性、准确性及仿真软件算法的影响，可能存在规划不合理的现象。

(2) 实际站点与规划站点的位置偏差。由于各种原因, 实际站点的位置无法获取到合理的站点, 从而导致网络在建设阶段就存在覆盖问题。

(3) 实际数据和规划数据不一致。由于安装质量问题, 出现天线挂高、方位角、下倾角、天线类型与规划的不一致, 使得在规划阶段满足要求的网络在建成后却出现了很多覆盖问题。

(4) 覆盖区域无线环境的变化。比如, 区域内增加了建筑物, 形成了阻挡, 导致出现弱覆盖; 区域内拆除了违章建筑, 原来阻挡信号的楼宇没有了, 导致出现越区覆盖。

(5) 基站或天馈系统存在故障, 如基站退服或天馈驻波比过高等。

(6) 参数设置不合理, 如 RS 发射功率调整过低、最小接收电平调整偏高、切换参数设置不合理等。

(7) 增加新的覆盖需求。覆盖范围的增加、新增站点、搬迁站点等导致网络覆盖发生变化。

9.1.3 解决覆盖问题的手段

在保证基站及天馈系统工作正常、参数设置合理的情况下, 解决覆盖问题大体上有以下几种优化措施:

(1) 调整天线倾角。调整天线的机械或电子倾角的方法实施方便, 是一种常用优化弱覆盖的手段。但如果覆盖区域周边阻挡严重, 则优化效果不太明显。同时在调整过程中, 注意机械下倾角不应超过 10° 。

(2) 调整天线方位角。通过调整天线的方位角, 使得天线的主瓣正对主覆盖区域。同时, 在调整过程中, 注意避免造成其他区域的弱覆盖问题或干扰问题。

(3) 调整 RS 的功率。通过加大 RS 的功率来加强覆盖, 减小 RS 的功率来降低重叠覆盖, 但由于 RS 所能增加的功率有限, 只能是解决弱覆盖、消除重叠覆盖的辅助手段。

(4) 升高或降低天线挂高。增加天线的相对高度, 可以优化由于天线受到阻挡而形成弱覆盖的区域; 降低天线的相对高度, 可以解决越区覆盖问题。该方案需要进行工程整改, 实施较复杂, 同时受馈线长度等的限制。

(5) 站点搬迁。站点搬迁涉及重新立杆、走线, 甚至重新规划、优化的问题, 因此实施较困难。

(6) 新增站点或 RRU。主要用于经以上优化手段后仍然无法解决的弱覆盖区域。涉及站点的规划、建设、成本投资问题, 因此为最后的优化手段。

在解决覆盖问题时, 优化手段由易到难, 优先可考虑增加功率, 调整天线倾角、方位角等, 最后再考虑站点搬迁、新增站点。



填空题

1. 衡量系统无线网络覆盖率的重要指标是_____, 一定程度上可反映移动台距离基站的远近, 因此可以用来度量小区覆盖范围的大小。

答案: RSRP

解析: RSRP (Reference Signal Receiving Power, 参考信号接收功率) 是 LTE 网

络中可以代表无线信号强度的关键参数。

2. MCS 要求将影响覆盖, MCS 等级要求越高, SNR 需求就越_____, 在这种 MCS 要求下的覆盖范围变_____。

答案: 高、小

解析: MCS 要求将影响覆盖, MCS 等级要求越高, SNR 需求就越高, 在这种 MCS 要求下的覆盖范围变小。



单选题

下面哪个不属于覆盖问题? ()

- A. 弱覆盖 B. 越区覆盖 C. 无主导小区 D. 频率规划不合理

答案: D

解析: 覆盖问题包括弱覆盖、越区覆盖、无主导小区等, 频率规划不合理不属于覆盖问题。



多选题

1. 以下哪些方法可以用来解决越区覆盖问题? ()

- A. 适当降低越区小区的发射功率
B. 调整越区小区上行功控参数
C. 调整越区小区下行调度方式
D. 调整越区小区天线参数(高度、倾角、方位角等)
E. 调整越区小区及其周边小区的切换门限参数

答案: AD

解析: 越区覆盖会导致小区间干扰加重, 适当降低越区小区的发射功率, 或者调整越区小区的天线参数(高度、倾角、方位角等), 可以解决越区覆盖问题。上行功控参数、下行调度方式、切换门限参数的调整和越区覆盖没有关系。

2. 可以用来解决某路段弱覆盖问题的方法是 ()。

- A. 降低非主覆盖小区的信号强度, 提升主覆盖小区信号的 SINR
B. 调整主覆盖小区的天线倾角及方位角
C. 如果主覆盖小区功率未到额定最大值, 适当提高主覆盖小区的功率
D. 调整主覆盖小区的 sector beam 的权值, 使得能量更集中
E. 将调度方式从正比公平改为 ROUND ROBIN

答案: BCD

解析: 降低非主覆盖小区的信号强度, 不能解决弱覆盖问题, 反而可能加重弱覆盖问题。调度方式的更改和弱覆盖没有关系。

调整主覆盖小区的天线倾角及方位角、提高主覆盖小区的功率、调整主覆盖小区的 sector beam 的权值, 这些都是解决弱覆盖的手段。

3. 调整天线倾角可以改变 ()。

- A. 发射功率 B. 覆盖半径 C. 干扰水平 D. 基站接收灵敏度

答案: BC

解析：调整天线倾角可以调整覆盖性能，改变干扰水平，但不影响基站本身的参数，如发射功率和基站的接收灵敏度。



简答题

重叠覆盖度的定义是什么？如何优化？

解答：

重叠覆盖度：该指标反映了该区域有多少个强信号小区进行了重复覆盖。

网络结构指数反映载波叠加程度，而重叠覆盖度则是反映小区叠加的程度。

重叠覆盖度较高的区域定义为过度覆盖区域。重叠覆盖占比是两个或两个以上的小区信号相差不超过 6dB 的区域占比。

优化方式：功率控制，调整天线的方向角、下倾角。

9.2 LTE 干扰问题

考点介绍

LTE 常见干扰问题的分类。

干扰问题的原因分析。

干扰问题的优化思路。

如果通信设备之间没有使用滤波器，则干扰是必然存在的。无论是终端、基站，还是接收机、发射机，都需要通过滤波器来抑制干扰。

干扰是指一台设备的发射机对另一台设备接收机的干扰。发射机与发射机之间、接收机与接收机之间不会发生干扰。

严重的干扰一般都发生在设备，如基站与基站之间，即一个基站的发射机干扰了另一个基站的接收机。也就是说，一个站点的发射频率与另一个站点的接收频率接近时，干扰就容易发生。

9.2.1 干扰的分类

干扰主要包括两类：带内干扰和带外干扰。

1. 带内干扰

落在接收机频道内的干扰称为杂散干扰，如图 9-1 所示，发射频率存在多个杂散信号。

杂散干扰的特点：所有设备的发射机，除了在工作频点上发射信号外，还在其他频点上发射噪声；如果这些噪声足够高，落在接收机频道上就会产生杂散干扰。

一般设备的发射机都带有带通滤波器，其特点是靠近通带的频率上抑制度低，远离通带的频率上抑制度高。因此，所有发射机的一个共同点是：越靠近发射机的信号频率上，杂散越高，即杂散干扰只能在发射机上采取措施。虽然杂散干扰在协议里都有明确的抑制度要求，但即使基站满足协议要求，还是会发生杂散干扰。

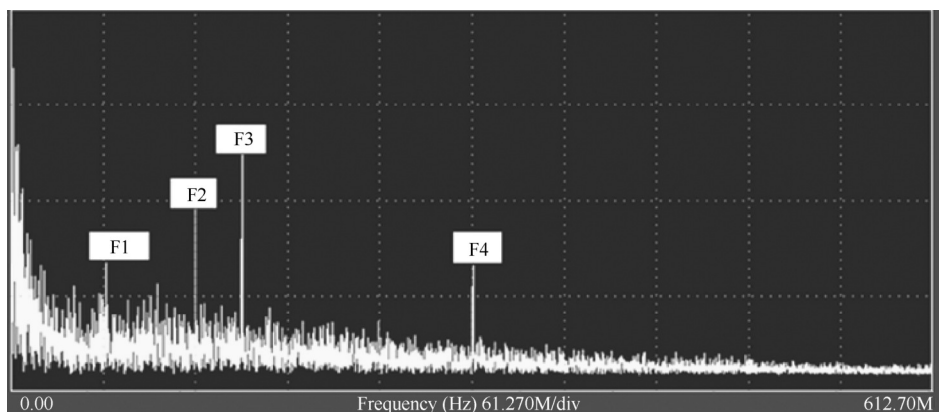


图 9-1 杂散信号示例

2. 带外干扰

带外干扰通常是由接收机频道外的干扰信号引起的，如阻塞、互调。

阻塞干扰：接收机频道外足够强的信号都是阻塞干扰信号。虽然接收机使用了滤波器，但是对于靠近接收机频道的干扰抑制能力有限，当干扰信号超过接收机的带外干扰抑制能力时，就会发生阻塞干扰问题。如图 9-2 所示，特征是整个带宽内干扰抬升。

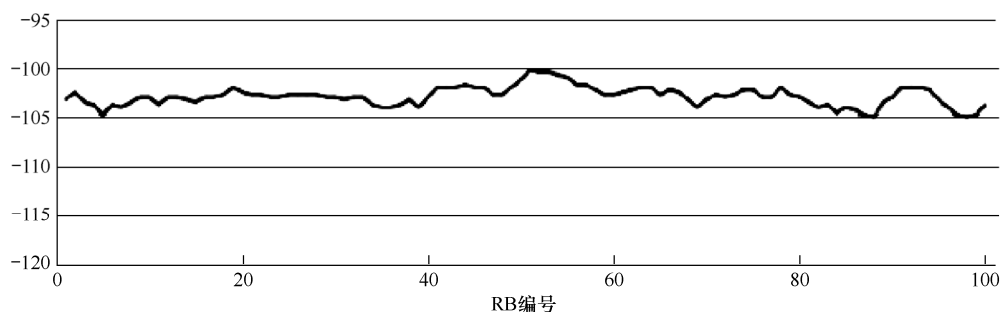


图 9-2 阻塞干扰示例

互调干扰：当收到接收频道外的两个或两个以上的干扰信号时，由于接收机存在一定的非线性，所以会产生新的一定频率分量，称为互调产物。当互调产物落在接收频道内时，就发生接收互调干扰。如图 9-3 所示，特征是个别频点抬高。

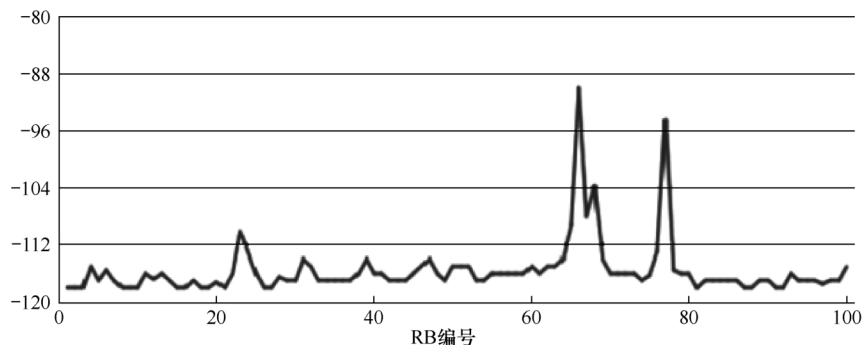


图 9-3 互调干扰示例

9.2.2 干扰原因分析

如前所述，干扰是不可避免的，干扰的原因有多种，主要原因如图 9-4 所示。

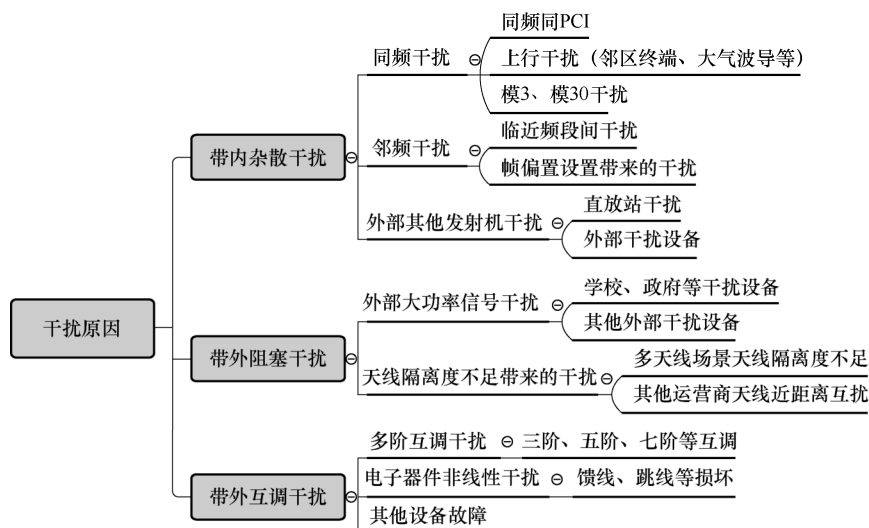


图 9-4 干扰原因分类

以 TD-LTE 干扰为例介绍如下。

1) 干扰一般表现

- (1) 上行低噪 $\geq 105\text{dB}$ 。
- (2) KPI：接通、掉线、切换、下载速率、时延等异常。
- (3) 用户投诉等。

2) 通常网内干扰源

- (1) 上/下行时隙干扰。
- (2) 远距离同频干扰：两个站点之间的距离大于保护时隙 GP 所支持的距离。
- (3) GPS 失步：失步基站与周围基站上/下行收发不一致。
- (4) RRU、天馈故障等。
- (5) PCI 干扰，如同 PCI、模 3、模 30 等。

3) 通常网外干扰源

- (1) 同频的杂散、互调、谐波等干扰。
- (2) 异频阻塞干扰。

9.2.3 干扰优化思路

通过提取预分析区域干扰历史站点、用户投诉、PRB 干扰值、主要 KPI 指标等确定干扰小区；根据干扰波形（PRB 干扰趋势）、区域、时段、关键信息等确认干扰类型；再进行上站扫频，分析干扰频率，寻找干扰源。

1. 干扰处理流程

干扰处理流程如图 9-5 所示。

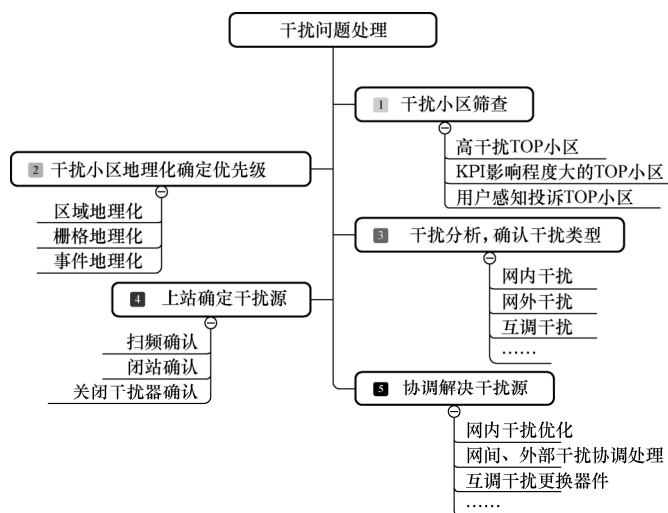


图 9-5 干扰处理流程

2. 干扰类型的判断方法

干扰类型的判断方法如图 9-6 所示。

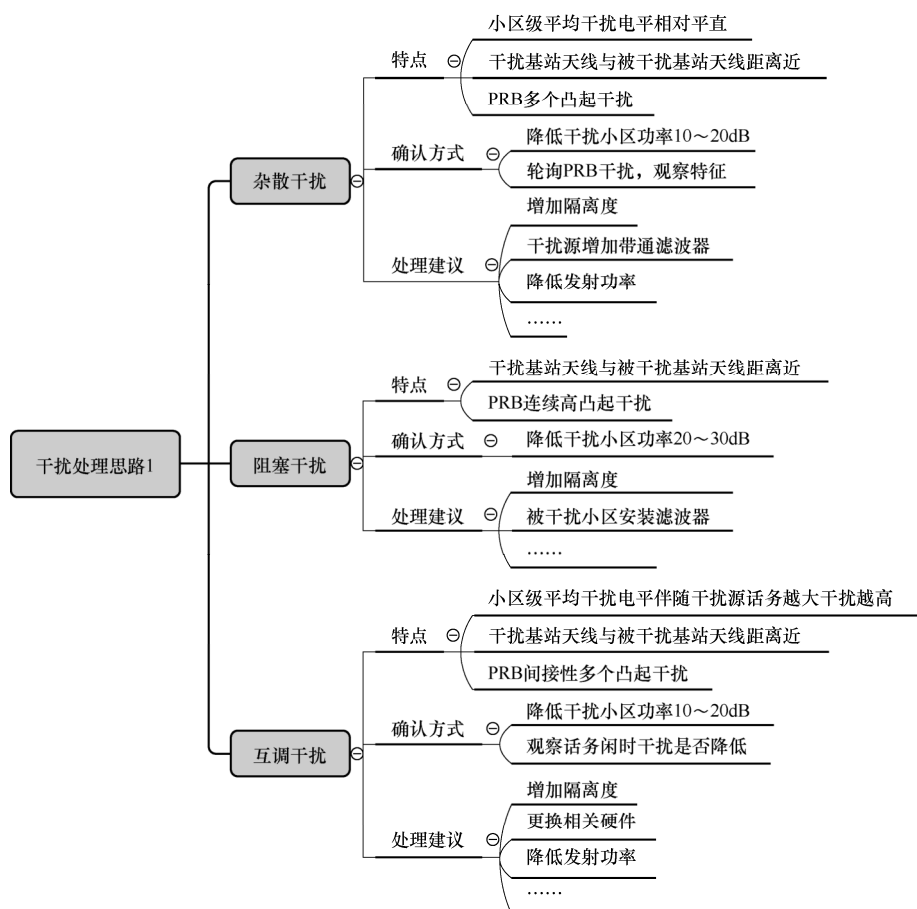


图 9-6 干扰类型的判断方法

3. 内/外干扰判断方法

内/外干扰判断方法如图 9-7 所示。

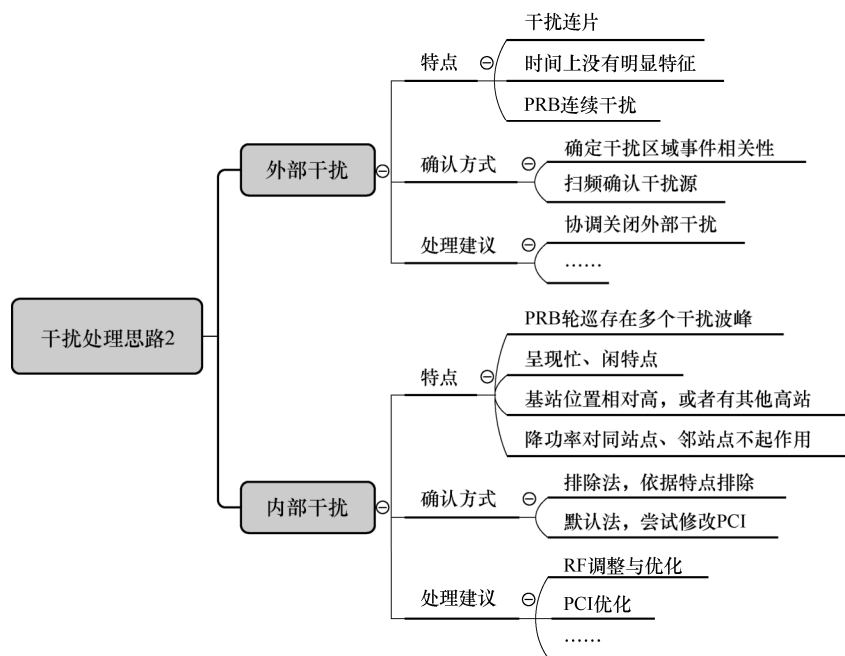


图 9-7 内/外干扰判断方法



判断题

1. LTE 系统是要求上行同步的系统。上行同步主要是为了消除小区内不同用户之间的干扰。 ()

答案：√

解析：不同 UE 的上行信号到达 eNodeB 时要时间对齐，以保证 UE 之间上行信号的正交性，这就是上行同步，为了消除小区内不同用户之间的干扰。

2. LTE 系统支持同频组网，其系统内干扰主要是同频邻区之间的干扰。 ()

答案：√

解析：LTE 系统内干扰主要是同频邻区之间的干扰。LTE 同频邻区干扰通常有模 3、模 6、模 30 等。

3. X2AP 的 Load Indication 过程的目的是在 eNodeB 之间传送负荷和干扰信息，用来控制异频邻区。 ()

答案：×

解析：LTE 的干扰主要来自同频邻区，不是异频邻区。eNodeB 之间传送负荷和干扰信息是通过 X2AP 的 Load Indication 过程。

4. LTE 异常干扰包括上行异常干扰和下行异常干扰。其中，下行异常干扰的危害更严重。 ()

答案：×

解析：LTE 的上行异常干扰的危害更严重。长时间高强度的上行干扰会影响基站的

噪声水平, 造成 LTE 基站上行覆盖的收缩。

5. RS 功率过大, 会造成参考信号污染及小区间干扰; RS 功率过小, 会造成小区选择或重选不上, 数据信道无法解调等。 ()

答案: √

解析: RS 功率不宜过大, 也不宜过小。过大会出现干扰问题; 过小会出现覆盖问题。

6. 过大的机械下倾角会导致波束畸变, 从而产生新的干扰。 ()

答案: √

解析: 机械下倾角不宜过大, 过大的机械下倾角会导致波束畸变, 从而使小区边缘和波束后瓣方向产生新的干扰。

7. 电子下倾的缺陷是天线后瓣会上翘, 对相邻扇区造成干扰。 ()

答案: ×

解析: 机械下倾的缺陷是天线后瓣会上翘, 对相邻扇区造成干扰。电子下倾不存在这种缺陷。

8. 上行干扰问题通过检查各个小区的 RSRP 进行判断。 ()

答案: ×

解析: 上行干扰问题通过检查各个小区的上行 RSSI 进行判断。

9. 通常用 ACS 指标来衡量接收机抗邻道干扰的能力。 ()

答案: √

解析: 邻道选择性 (Adjacent Channel Selectivity, ACS) 用来衡量存在相邻信道信号时, 接收机在其指定信道频率上接收有用信号的能力。

10. 系统的互调干扰通常由 3 阶互调导致, 3 阶互调产物的频率为 $F=2f_1\pm f_2$ 或 $2f_2\pm f_1$ 。 ()

答案: √

解析: 系统的互调干扰通常由 3 阶互调导致。

11. 阻塞干扰是指由于干扰源发射滤波特性不能满足技术要求, 使得干扰源的带外信号以噪声的形式出现在相邻频段内, 从而抬高了被干扰基站的噪声底噪, 使被干扰基站的上行链路变差, 接收机灵敏度降低。 ()

答案: ×

解析: 阻塞干扰是指当强干扰信号与有用信号同时加入接收机时, 强干扰会使接收机链路的非线性器件饱和, 从而产生非线性失真。阻塞干扰将被干扰系统的接收机推向饱和而阻碍通信, 而不只是接收灵敏度降低的问题。

12. 如果 RSRP 覆盖良好, 但是 SINR 低于一定门限, 一定存在重叠覆盖。 ()

答案: ×

解析: 如果 RSRP 好, SINR 低于一定门限, 则说明存在干扰。造成干扰的原因有很多种, 不一定是重叠覆盖。



单选题

影响 TD-LTE 小区间干扰的因素不包括 ()。

A. 小区频率

B. TA

C. PSS ID

D. SSS ID

答：B

解析：LTE 存在小区间同频干扰，所以小区频率是一个干扰因素。LTE 存在 PCI 干扰，PSS ID 就是小区 PCI 的组内 ID；SSS ID 就是 PCI 的小区组号。小区之间的 PSS ID 和 SSS ID 也是干扰因素，不能冲突。TA 是 LTE 的跟踪区，不存在小区间干扰。



多选题

下面哪些干扰可能在无线网络中存在？（ ）

A. 杂散干扰 B. 阻塞干扰 C. 互调干扰 D. 谐波干扰

答案：ABCD

解析：无线网络中，广泛存在杂散、阻塞、互调、谐波等干扰类型。



简答题

1. 简单描述一下 LTE 干扰类别和特征。

解答：

LTE 干扰分为系统内干扰和系统间干扰，系统间干扰包括杂散干扰、阻塞干扰、互调/谐波干扰等，系统内干扰包括远距离同频干扰、GPS 故障、数据配置错误等。LTE 干扰会导致无线接通率、掉线率的恶化，严重影响用户感知。如表 9-1 所示。

表 9-1 LTE 干扰类别和特征

干 扰 类 型	分 类	频 域 特 征	影 响 范 围	产 生 原 因
系统内干扰	远距离同频干扰	中间 6 个 RB 抬升更高	全网大面积	大气波导、高站
	GPS 故障	RB7、RB48-51 及 RB92 明显抬升	故障站点周边大片	GPS 故障、跑偏
	数据配置错误	暂无	小范围	时隙配置错误、帧头偏移
系统间干扰	杂散干扰	前高后低	单个站点	DCS1800、FDD
	阻塞/宽频干扰	全频段抬升	单个站点	FDD、干扰器
	互调/谐波干扰	几个 RB 尖峰突起	单个站点	GSM900、DCS1800
	其他干扰	暂无	单个站点	TD-SCDMA、其他干扰源

2. LTE 的 F 频段主要的系统外干扰有哪些？

解答：

F 频段周边使用情况复杂，导致 TD-LTE 建网面临较大的干扰风险。

(1) DCS1800 高端频点已使用到 1 872.6MHz，与 F 频段 1 880~1 900MHz 的 TD-LTE 系统只有 7.4MHz 频率间隔。

(2) 小灵通工作在 1 900~1 915MHz，紧邻 TD-LTE 组网中使用的频点（1 880~1 900MHz）。

(3) GSM900 部分下行频段（940~950MHz）的二倍频会落在 TD-LTE 规模试验中使用的频点（1 880~1 900MHz）。

(4) 部分 2G 网络天馈系统无源互调指标较差，造成 TD-LTE 系统的互调干扰。

(5) 在 F 频段杂散指标较差的 DCS1800 基站，对 F 频段 TD-LTE 系统低端频率产生杂散干扰。

(6) F 频段的 TD-LTE 设备对工作在靠近 1 880MHz 的 DCS1800 信号的抑制能力较

差，受到一定阻塞干扰。

(7) 部分 TD-LTE 天面共联通基站 DCS 较近，尤其当天线方向角较小时，会受到联通 DCS 干扰。

(8) F 频段小灵通未完全退频，可能会对 TD-LTE 产生一定干扰。

3. 模 3 干扰的定义是什么？为什么会有模 3 干扰？该如何解决？

解答：

下行参考信号 RS 的相对位置重叠，导致 UE 无法正确解析 PSS 造成的干扰，定义为模 3 干扰。

终端在接入网络时首先解析主同步序列，解析到主同步序列后再解析辅同步序列；因为主同步序列较少，所以在现网解析中容易出现干扰。这种类型的干扰表现为 PCI 每间隔 3 个符号出现一次，所以习惯称为模 3 干扰。

在 LTE 系统规定中：主同步序列（PSS）只有 3 个符号，辅同步序列（SSS）有 168 个符号，主同步序列和辅同步序列共同构成 PCI（共 504 个符号）。

LTE 网络中 $PCI = 3 \times \text{Group ID (SSS)} + \text{Sector ID (PSS)}$ 。

如果 PCI 模 3 值相同，那么就会造成 PSS 的干扰；也就是该扇区的 PCI 被 3 整除之后的余数和另一扇区 PCI 的余数相同，且这两个扇区的信号打在同一个点，那么这个点的 SINR 值就会很低，同时导致下载速率很低。

优化手段：小区功率优化、RF 优化（调整天线方位角和下倾角）、PCI 优化。

(1) 变更小区 PCI：这是最治标治本的方法。可彻底解决某一区域的模 3 干扰，但由于模 3 仅有三种可供选择，变更 PCI 往往是解决了这里的模 3 干扰，在另一个地方又会出现模 3 干扰。因此这种方法虽好，却只有在极少数情况下才能用上。

(2) 调整天馈：一方面可以调整方向角使干扰小区的覆盖范围发生变化，另一方面可以调整下倾角缩小两个小区的重叠覆盖区域，但在 TD-SCDMA/TDL 共天馈的场景，调整天馈需考虑对 TD-SCDMA 的影响。

(3) 降低干扰小区发射功率：这相当于降低了干扰信号电平，使得 SINR 提升，进而优化用户速率，这种方法在现网优化中最常用，但会影响小区的覆盖能力。

4. LTE 室分系统与 WLAN 干扰问题的测试项目，主要可分为哪些类别？

解答：

(1) LTE 与 WLAN 不同建设模式下的互干扰测试。

(2) LTE 不同传输模式下，WLAN 与 LTE 互干扰测试。

(3) LTE 天线与 WLAN 天线不同间距时的互干扰测试。

(4) LTE 终端与 WLAN 终端间不同间距时的互干扰测试。

(5) WLAN 系统锁定在 f1 和 f6 频点，与 LTE 的互干扰测试。

(6) LTE 与 WLAN 在不同上/下行业务组合下的互干扰测试。

5. 什么时候需要低噪声放大器？为什么？

解答：

接收到较微弱的信号时，用于放大信号。

放大器的自身噪声可能对信号造成干扰，所以需要低噪声放大器。

一般用于接收机的高频或中频部分做前置放大器。

6. LTE 怎么判断邻区漏配、越区覆盖和模 3 干扰？

解答：

邻区漏配：在测试过程中，在本来是邻区覆盖范围内占用主服务小区，一直不触发切换。这时，主服务小区的邻区列表里没有该邻区，可以判断为邻区漏配。

越区覆盖指的是超过其本来的覆盖范围，在不应该覆盖的较远的地方，还占用该小区的信号。在路测中，显示为越过一两个站点还占用该小区信号，且较强。

模3干扰：具体表现为信号较强的两个或较多信号，电平还可以，但 SINR 值较差，PCI 模3后如果值相同，则判断为模3干扰。

9.3 LTE 接入类问题

考点介绍

接入类问题包含的两个阶段。

LTE 网络接入类问题包含两个阶段：RRC 阶段接入类问题和 ERAB 阶段接入类问题。

LTE 网络接入成功率=RRC 接入成功率×ERAB 接入成功率

LTE 网络接入成功率也可以称为无线网络接通率。



填空题

RRC 连接的建立可以分为两种情况：一种是与业务相关的 RRC 连接建立；另一种是与业务无关的 RRC 连接建立。前者是衡量_____的一个重要指标，后者可用于考察_____情况。

答案：呼叫接通率、系统负荷

解析：与业务相关的 RRC 连接建立是衡量呼叫接通率的一个重要指标，其结果可以作为调整信道配置的依据。与业务无关的 RRC 连接建立可用于考察系统负荷情况。



判断题

LTE 网络接入成功率由 RRC 接入成功率和 ERAB 接入成功率的平均值构成。（ ）

答案：×

解析：LTE 网络接入成功率由 RRC 接入成功率和 ERAB 接入成功率的积构成。

9.3.1 RRC 阶段接入类问题

考点介绍

RRC 阶段基本流程。

RRC 阶段接入类问题原因分析。

RRC 阶段接入类问题优化方法。

1. 基本流程

RRC 阶段接入流程由 RRC 建立请求、RRC 建立尝试和 RRC 建立成功三部分组成，分别如图 9-8 所示信令点 A、B 和 C。

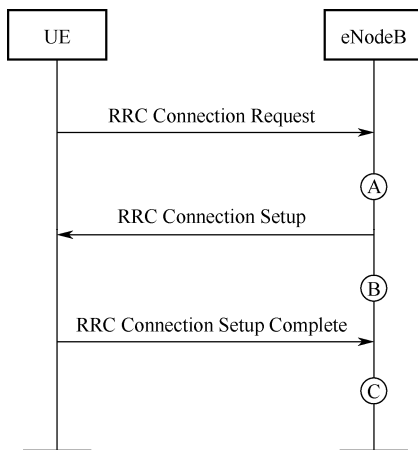


图 9-8 RRC 接入流程图

RRC 接入成功率的计算方法：小区 RRC 建立成功次数/小区 RRC 建立请求次数。分别对应图 9-8 所示信令点 C 和 A。

RRC 接入失败次数的计算方法：小区 RRC 建立请求次数-小区 RRC 建立成功次数。分别对应图 9-8 所示信令点 A 和 C。

2. RRC 接入过程失败原因分析

分析如下。

(1) 由于基站负荷严重过高（主控板 CPU 利用率高于某个门限、基带板 CPU 利用率高于某个门限），导致基站进入流控（Flow Control）状态，基站对于用户的 RRC Connection Request 消息不做出任何响应。

(2) 由于网络资源受限（可能由于 MME 负荷过高、基站初级流控、小区 License 配置、小区接入能力规格等因素），基站对于用户的 RRC Connection Request 消息回应为 RRC Connection Reject，如图 9-9 所示的信令点 A。

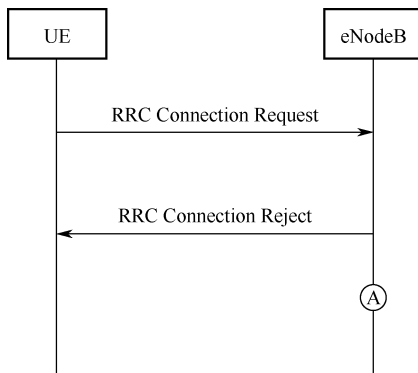


图 9-9 RRC 拒绝流程图

(3) 基站下发 RRC Connection Setup 消息后, 在相关定时器超时后, 仍然未收到终端的 RRC Connection Setup Complete 消息, 如图 9-10 所示信令点 A 所示。

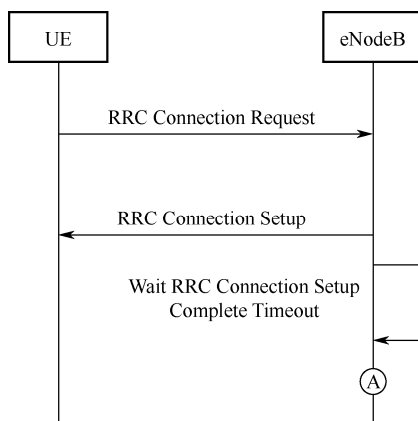


图 9-10 RRC 接入空口失败流程图

RRC 接入失败原因分类如图 9-11 所示。

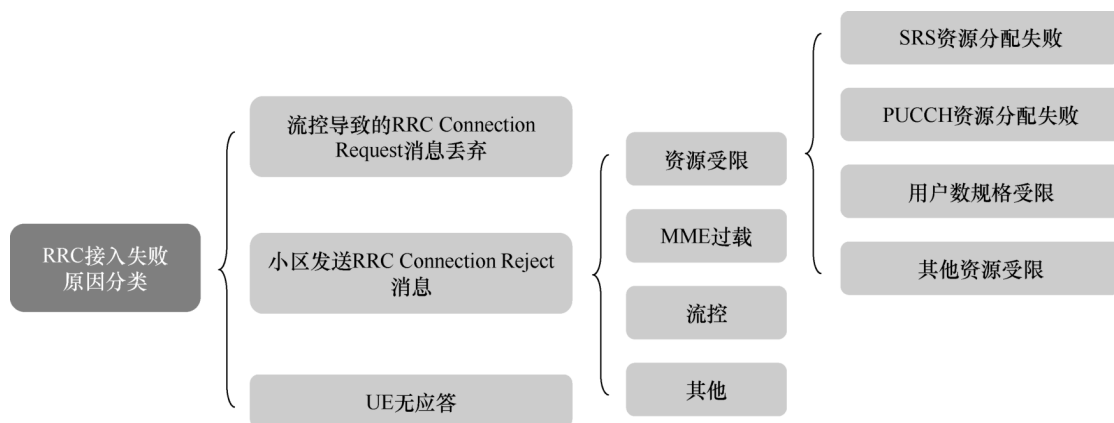


图 9-11 RRC 接入失败原因分类

3. RRC 接入失败优化方法

RRC 接入失败优化方法如图 9-12 所示。

优化思路如下：

(1) 由于基站流控原因造成的基站对终端 RRC 请求消息无响应问题, 建议分析基站主控板和基带板的 CPU 利用率后进行扩容。

(2) 由于基站流控原因造成的基站拒绝终端 RRC 请求消息问题, 建议分析基站主控板和基带板的 CPU 利用率后进行扩容; 由于 MME 过载导致 RRC 建立失败, 建议进行 MME 归属重新分配或者 MME 扩容; 由于小区资源受限导致 RRC 建立失败, 根据实际受限的原因进行参数优化或扩容。

(3) 在定时器超时之后, 基站未收到终端的 RRC Connection Setup Complete 消息, 主要原因为小区上行干扰, 即底部噪声过高, 需要解决小区上行干扰问题。

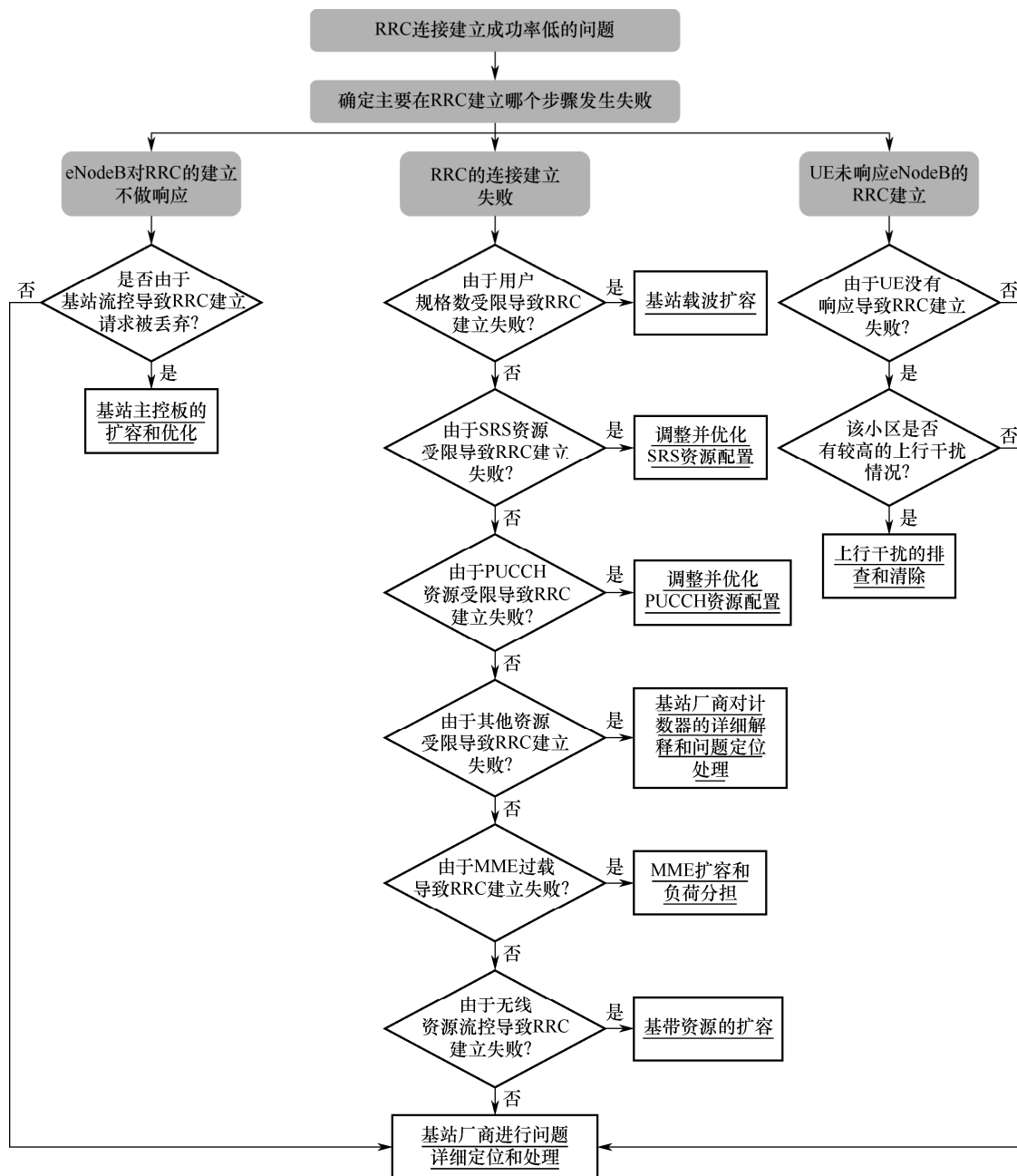


图 9-12 RRC 接入失败优化流程



填空题

1. RRC 连接重建的 eNodeB 向发生连接失败的 eNodeB 发送的_____消息是判断过早、过迟切换的重要依据。

答案：RLF 指示

解析：RLF 指示消息是判断过早、过迟切换的重要依据。

2. RRC 连接建立成功率（业务相关）用 RRC 连接建立成功次数和 RRC 连接建立尝试次数的比值来表示，对应的信令分别为：eNodeB 收到的_____次数和 eNodeB 收到的_____次数。

答案：RRC Connection Setup Complete、RRC Connection Request

解析：RRC 连接建立成功率=RRC 连接建立成功次数/ RRC 连接建立尝试次数

对应的信令点为 eNodeB 收到的 RRC Connection Setup Complete 次数和 RRC Connection Request 次数之比。



单选题

指示 RRC 连接重建的最大次数的计数器为（ ）。

A. N300

B. N301

C. N310

D. N311

答案：B

解析：N301 是 RRC 连接重建的最大次数的计数器。



简答题

简述 RRC 接入失败的原因。

解答：

（1）当基站硬件负荷高于某个特定门限值时，基站进入严重流控状态，直接对所有用户的 RRC 接入请求无响应。

（2）小区无线资源受限，例如，RRC 连接用户数规格、SRS 资源、PUCCH 资源等，小区将发送 RRC Connection Reject 拒绝用户的 RRC 接入请求。

（3）无线接口流程失败，终端对小区下发的 RRC Connection Setup 消息无响应。

9.3.2 ERAB 阶段接入类问题

考点介绍

ERAB 阶段基本流程。

ERAB 阶段接入类问题原因分析。

ERAB 阶段接入类问题优化方法。

1. 基本流程

ERAB 阶段接入流程由 ERAB 建立尝试（初始上下文建立请求）和 ERAB 建立成功（初始上下文建立成功）组成，分别如图 9-13 信令点的 A 和 B 所示。

ERAB 接入成功率计算方法：小区 ERAB 建立成功次数/小区 ERAB 建立尝试次数。

ERAB 接入失败次数计算方法：小区 ERAB 建立尝试次数-小区 ERAB 建立成功次数。

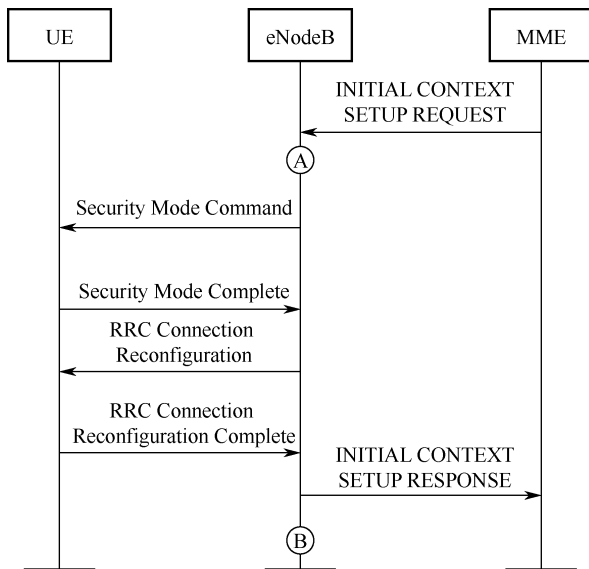


图 9-13 ERAB 接入流程图

2. ERAB 建立失败原因分析

ERAB 建立失败原因分类如图 9-14 所示。

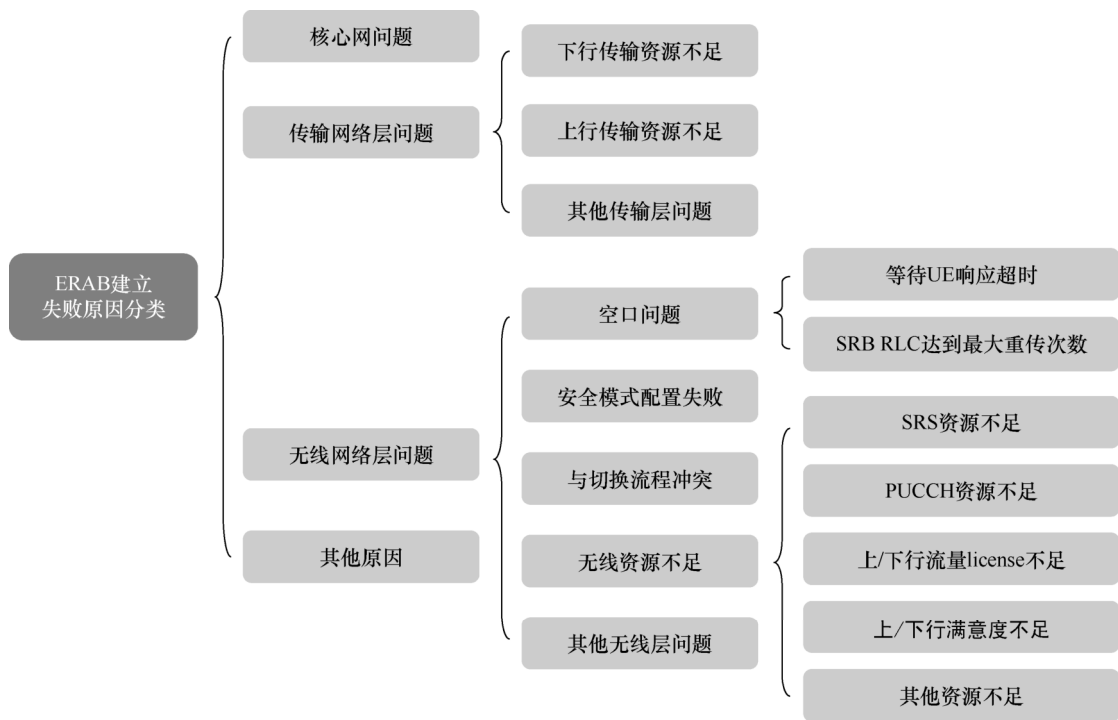


图 9-14 ERAB 建立失败原因分类

ERAB 接入流程失败原因分析。

(1) MME 原因。这部分原因通常比较复杂，不能一概而论，建议通过 S1AP 信令跟

踪进行有针对性的分析。

(2) 传输网络原因。主要由于传输网络容量受限造成。

(3) 无线网络原因。这是最常见的失败原因，主要由于小区无线资源受限和空口流程错误造成。

3. ERAB 建立失败优化流程

ERAB 建立失败优化流程如图 9-15 所示。

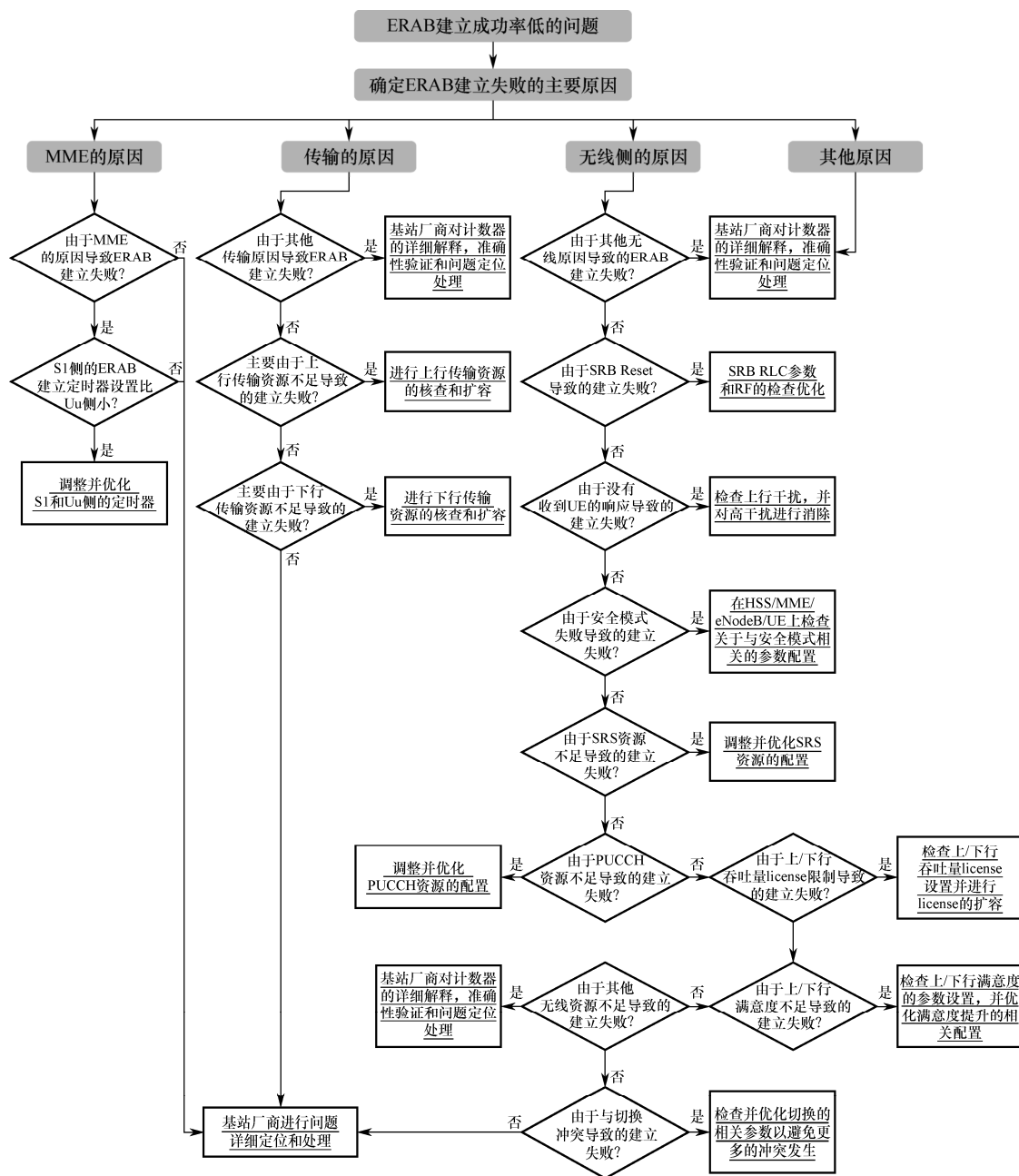


图 9-15 ERAB 建立失败优化流程

优化思路如下：

(1) MME 的原因。通过对 S1AP 信令跟踪，分析 ERAB 建立失败 MME 反馈的原因。从现网处理该类问题的经验总结中可知，该类问题与 MME 和基站所属相关定时器的设置时长不一致有一定关联。

(2) 传输网络的原因。结合基站忙时、闲时业务实际情况合理制订传输扩容方案。

(3) 无线网络的原因。安全模式失败，由终端兼容性造成；空口流程失败，由无线接口质量差造成；SRB 复位原因倾向于下行质量差；Uu 无响应原因倾向于上行质量差（上行干扰）；资源受限，则需要根据实际情况分析受限原因。例如，SRS 资源、PUCCH 资源等，再进行相关参数的调整优化。



填空题

ERAB 建立成功指 eNodeB 成功为 UE 分配了_____面的连接，反映 eNodeB 或小区接纳业务的能力。

答案：用户

解析：ERAB 建立成功指 eNodeB 成功为 UE 分配了用户面的连接，反映 eNodeB 或小区接纳业务的能力。



判断题

安全模式失败将导致 ERAB 接入过程失败？（ ）

答案：√

解析：基站收到终端的安全模式拒绝消息，将立即中断 ERAB 接入过程。



单选题

以下因素中不会造成 ERAB 接入失败的是（ ）。

- | | |
|-------------|-------------|
| A. 传输资源容量受限 | B. 基站处于流控状态 |
| C. 小区无线资源受限 | D. 上行干扰 |

答案：B

解析：基站处于流控状态时在 RRC 接入阶段就会失败。



简答题

简述 ERAB 接入失败的原因。

解答：

- (1) 核心网原因。核心网主动中断 ERAB 接入流程。
- (2) 传输网络原因。由于传输网络容量受限造成 ERAB 接入失败。
- (3) 无线网络原因。主要分为无线资源受限和无线接口流程失败两类。

9.4 LTE 接续时延问题

9.4.1 基本原理

考点介绍

控制面时延和用户面时延。

LTE 设计之初的目标之一就是要降低控制面时延和用户面时延。LTE 采用由 eNodeB 构成的单层结构，实现了网络结构的扁平化。这种结构有利于改善网络时延，实现了低时延、低复杂度。为使用户获得更好的业务体验，LTE 协议要求用户面内部单向传输时延（UE 到 eNodeB 方向）小于 5ms。控制面从睡眠状态到激活状态迁移时间小于 50ms，从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100ms。

1. 用户面时延

用户面时延是指在 UE IP 层与 RAN 边缘节点 IP 层之间的数据包单向传输时间。其中，RAN 边缘节点是指与核心网络直接进行通信连接的基站。eUTRAN 系统的带宽也影响实际的传输时延。实际网络中，LTE 系统的用户面时延主要包括处理时延、TTI 长度及帧调整。如图 9-16 所示。

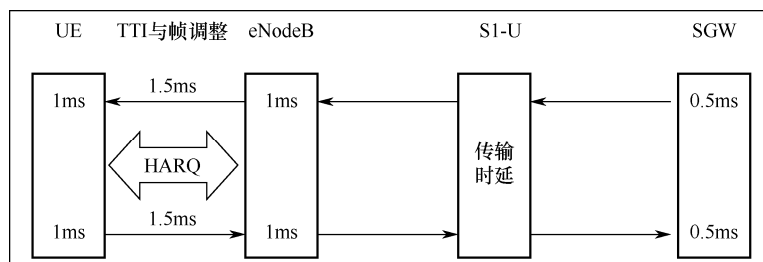


图 9-16 用户面时延

用户面时延分解如表 9-2 所示。

表 9-2 用户面时延分解

编 号	阶 段	时延参考值 (ms)	备 注
1	UE 处理时延	1	
2	帧调整	0.5	
3	TTI 与帧调整周期	1	
4	HARQ 重传	$(10\% \sim 30\%) \times 5$	5ms 为帧调整时延
5	eNodeB 处理时延	1	
6	S1-U 传输时延	1~15	
7	SGW 处理时延	0.5	
总单向时延		5.5~20.5	

2. 控制面时延

控制面时延为从驻留状态到激活状态的迁移和从睡眠状态到激活状态的迁移时间。控制面时延与无线环境强相关。随着无线环境的恶化，系统控制面时延和用户面时延均逐渐增加。如图 9-17 所示。

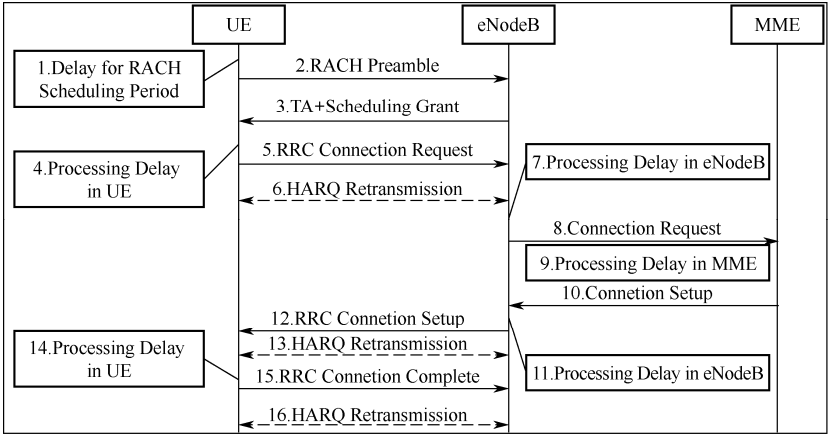


图 9-17 控制面时延

控制面时延分解如表 9-3 所示。

表 9-3 控制面时延分解

序 号	描 述	参 考 时 延 (ms)	备 注
1	RACH 调度期间所需的平均时延	5	
2	RACH 前导码	1	
3	前导码检测、RA 应答发送时延	5	
4	UE 处理时延	2.5	
5	RRC Connection Request 信息发送 TTI	1	
6	HARQ 重传时延	$(10\% \sim 30\%) \times 5$	5ms 为帧调整时延
7	eNodeB 处理时延 (Uu→S1-C)	4	
8	S1-C 发送时延	2~15	
9	MME 处理时延	15	
10	S1-C 发送时延	2~15	
11	eNodeB 处理时延 (S1-C→Uu)	4	
12	RRC Connection Setup 的发送间隔	1.5	
13	HARQ 重传时延	$(10\% \sim 30\%) \times 5$	5ms 为帧调整时延
14	UE 处理时延	3	
15	RRC Connection Complete 信息发送 TTI	1	
16	HARQ 重传时延	$30\% \times 5$	
总计		49.5~77.5	



填空题

1. LTE 的控制面时延要求为：从驻留态转为激活态小于____ms，从休眠态转为激活态小于____ms；用户面时延要求为____ms。

答案：100、50、5

解析：LTE 的控制面时延要求为：从驻留态转为激活态小于 100ms，从休眠态转为激活态小于 50ms；用户面时延要求为 5ms。

2. 若采用 IEEE1588 v2 时钟，对传输网络的 QoS 要求是：时延<_____ms，抖动<_____ms，丢包率<_____。

答案：20、7、0.05%

解析：采用 IEEE1588 v2 时钟，对传输网络的 QoS 要求是时延<20ms，抖动<7ms，丢包率<0.05%。



判断题

1. TD-LTE 相比 3G 具有更低的接入时延。 ()

答案：√

解析：LTE 是扁平化结构，相比 3G，接入时延大大缩短。根据协议规定，TD-LTE 时延的要求也非常苛刻，小于 TD-SCDMA/WCDMA 的时延。

2. LTE 要求用户面内部单向传输时延（从 UE 到 eNodeB）小于 5ms。控制面从睡眠状态到激活状态的迁移时间小于 50ms。从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100ms。 ()

答案：√

解析：LTE 要求用户面内部单向传输时延（从 UE 到 eNodeB）小于 5ms。控制面从睡眠状态到激活状态迁移时间小于 50ms。从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100ms。

9.4.2 接续时延的原因分析

考点介绍

接续时延问题的原因。

引起时延的因素主要有以下 4 类，如图 9-18 所示。在优化时，针对每类问题的特点和场景做排除法，事半功倍。

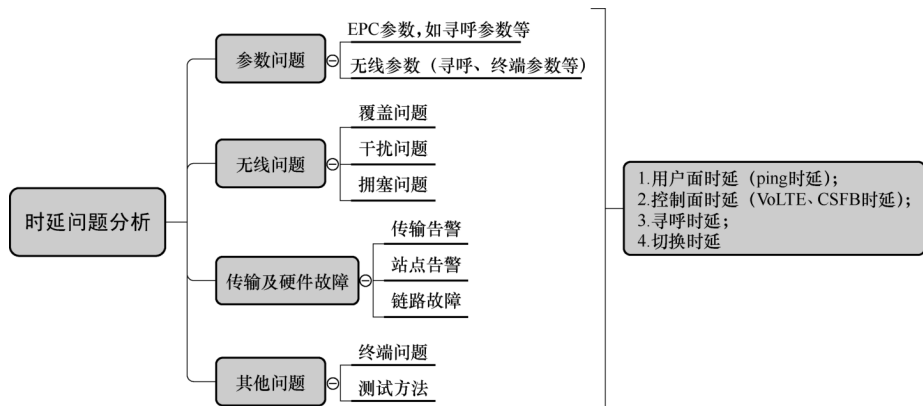


图 9-18 影响时延的因素



填空题

1. Paging Success Time 反映了 UE 响应寻呼的时延, LSTI 定义为基站发出 paging 到收到消息 _____ 的时间差。

答案: RRC Connection Setup Complete

解析: Paging Success Time 是指基站发出 paging 到收到消息 RRC Connection Setup Complete 的时间差。

2. _____ 时延表示 UE 完成网络注册所需要的时间, 是衡量用户网络接入时延感受的重要指标之一。

答案: Attach/ (附着)

解析: Attach 时延是 UE 从 PRACH 接入到网络注册完成所需要的时间, 是衡量网络可接入性的重要指标之一。

9.4.3 优化思路

考 点 介 绍

接续时延过长优化思路。

时延整体的优化思路是, 先分段定界、定位, 再解决。时延的优化难点在于发现问题, 时延的解决方法相对不是问题。故此, 需要熟悉各种业务如 VoLTE、CSFB、PING、切换等的流程, 配合测试与信令跟踪, 才能做到游刃有余。优化思路概括如图 9-19 所示。

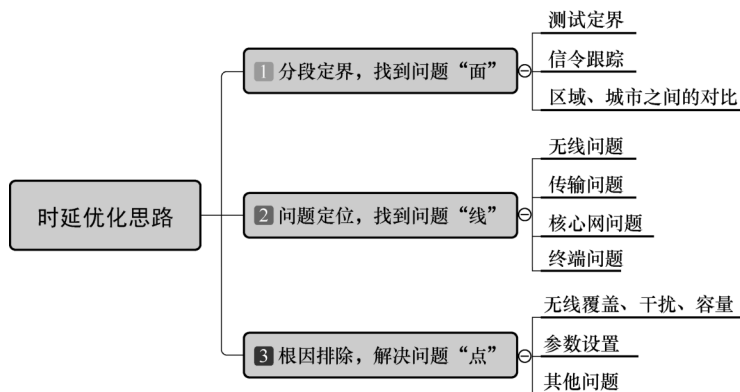


图 9-19 时延问题的优化思路



简答题

简述接续时延过长如何优化?

解答:

首先, 熟悉各种业务如 VoLTE、CSFB、PING、切换等的流程和标准时延长度。

然后是时延过长的问題, 逐段将实际时延与标准时延进行比较, 定界问题发生的网段, 找到“面”上的问题。

接着，配合测试与信令跟踪，对时延过长的段进行定位，初步确定是无线类问题、核心网问题、传输问题，还是终端问题。

最后，对定位的影响时延的点进行专门突破，从无线覆盖、干扰、容量，到参数配置问题、算法、软件版本问题，具体问题具体解决。

9.5 LTE 切换类问题

9.5.1 切换准备成功率优化

考点介绍

切换准备的基本流程。

切换准备的失败原因。

切换准备的优化方法。

1. 基本流程

切换准备是指基站收到终端的测量报告（MR），完成切换判决之后，向目标基站完成交互切换准备（Handover Preparation）消息的过程。根据场景，包括基于 S1 链路的切换准备流程（见图 9-20）和基于 X2 链路的切换准备流程（见图 9-21）。

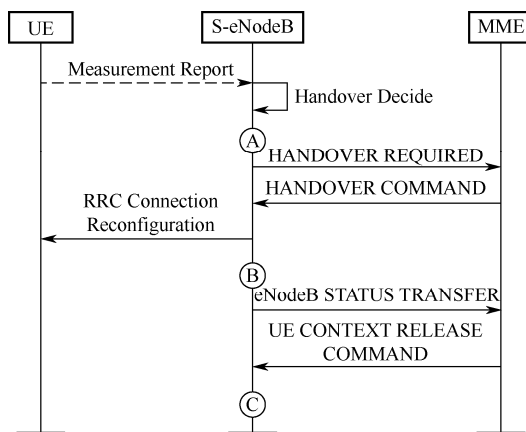


图 9-20 基于 S1 链路的切换准备流程

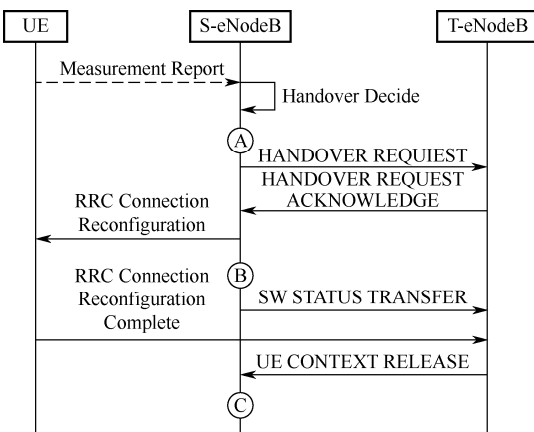


图 9-21 基于 X2 链路的切换准备流程

切换准备成功率的计算方法：小区切出成功次数/小区切出尝试次数，分别如图 9-20 和图 9-21 信令点 B 和 A 所示。

切换准备失败次数的计算方法：小区切出尝试次数-小区切出成功次数，分别如图 9-20 和图 9-21 信令点 A 和 B 所示。

用于定位切换准备失败的首要手段是开启两两小区间的切换准备测量，也称为 Ncell 测量。该测量能够记录源小区向目标小区发起切换准备后成功或失败的次数。由于 Ncell 测量的数据量较大，默认情况下，基站不开启测量。优化工程师可按需开启测量小区的数量和时间段。切换准备失败的信令参考图 9-22 和图 9-23。

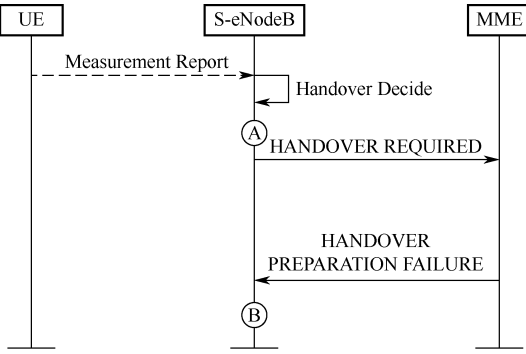


图 9-22 基于 S1 链路的切换准备失败信令

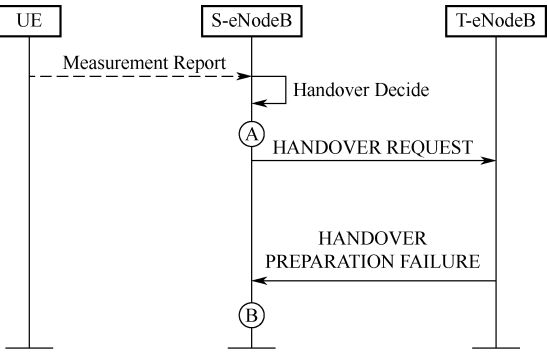


图 9-23 基于 X2 链路的切换准备失败信令

2. 切换准备失败原因分析

切换准备失败原因分类如图 9-24 所示。

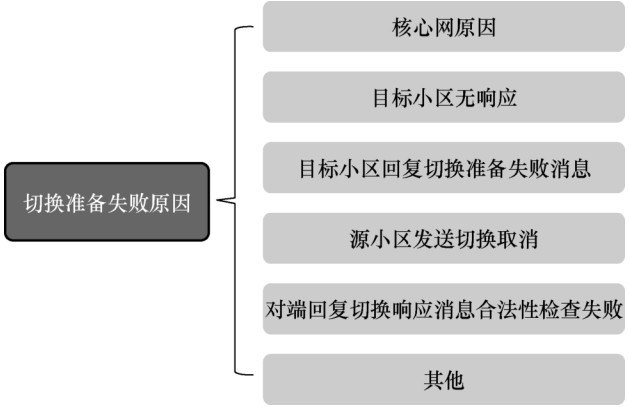


图 9-24 切换准备失败原因分类

现网切换准备失败原因分布情况如表 9-4 所示。

表 9-4 现网切换准备失败原因分布

核心网原因造成的切换准备失败	77
目标网元无响应造成的切换准备失败	93
目标网元准备失败造成的切换准备失败	33 758
切换取消造成的切换准备失败	0
目标网元回复合法性检查失败造成的切换准备失败	0
其他原因造成的切换准备失败	7 646

除了少量由于基站传输质量原因造成的消息无响应之外，绝大多数切换准备失败由于目标基站回复切换准备失败消息造成，对方网元回复切换准备失败的原因有两类：

- （1）外部小区定义错误，此类情况将造成 100%的切换准备失败。
- （2）目标小区拥塞，切换准备请求发送至目标小区，目标小区准入失败导致回复切换准备失败。

3. 切换准备失败优化流程

切换准备失败优化流程如图 9-25 所示。

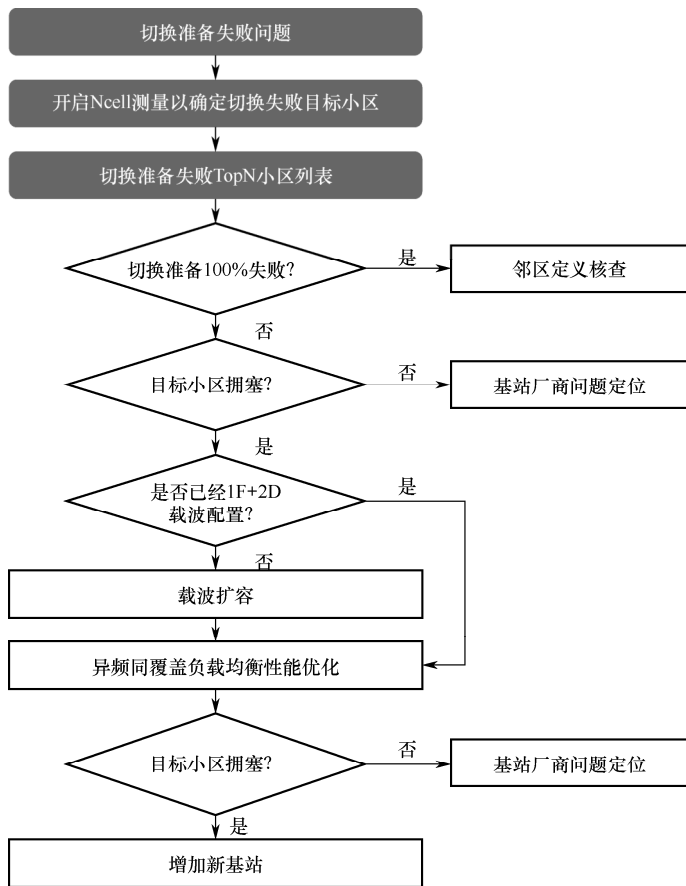


图 9-25 切换准备失败优化流程

优化思路：

(1) 利用 Ncell 测量结果定位出切换准备失败的目标小区。

(2) 判断失败率是否为 100%，假如是 100%，则优先考虑外部小区配置错误。

(3) 对于非 100%失败的场景，主要由目标小区准入失败造成。一般情况下单个 LTE 小区允许 RRC 连接用户数为 400。高铁小区场景下，因为其特殊的配置，接入用户数大幅减少，比较容易引起准入失败。部分厂商可支持增强型 RRC 连接用户数规格达到 1 200，因此建议打开增强型规格算法开关。

(4) 目标小区扩容，优先推荐采用垂直方向的扩容方式，即增加 LTE 载波，并设置合理的异频负载均衡参数保证 RRC 连接用户可以均匀分布在不同载波上。最后，考虑新建基站扩容方式。



判断题

1. 高铁小区配置场景不会有引起切换准备失败的可能性。

()

答案：×

解析：高铁场景的 LTE 小区往往在公共信道的配置方式上与普通 LTE 小区略有不同，比较容易引起由于公共信道资源受限（允许 RRC 连接用户数一般不超过 100 个）造成的切换准备失败。若信息与本身配置不符，则直接回复切换准备失败，且造成的切换准备 100% 失败。

2. 切换源小区定义的外部目标小区信息错误将导致切换准备失败。（ ）

答案：√

解析：源小区会在切换准备请求的 Container 信元部分加入外部目标小区的定义信息，目标小区一旦检测到这部分信息与本身配置不符，则直接回复切换准备失败，且造成的切换准备 100% 失败。



单选题

1. 以下因素不会引起切换准备失败的是（ ）。

- A. 高干扰
- B. 目标小区拥塞
- C. 外部小区定义配置错误
- D. 传输丢包

答案：A

解析：切换准备流程主要发生在传输链路的信息交互上，一般不会受到空中链路质量的影响。

2. 不能影响连接态异系统管理过程的参数是（ ）。

- A. 异频/异系统测量启动门限
- B. 异系统 A2 RSRP 触发门限
- C. 异系统 A1 RSRP 触发门限
- D. 基于覆盖的异系统 UTRAN 切换事件 RSCP 的触发门限

答案：A

解析：异频/异系统测量启动门限为终端在空闲模式下，启动异频/异系统测量的门限；其余 3 个参数都是连接态异系统管理的相关参数。



简答题

1. 简述切换准备失败的原因。

解答：

无论是基于 S1 链路的切换准备还是基于 X2 链路的切换准备，其失败现象都是目标小区向源小区发送“切换准备请求失败”消息，其主要原因如下：

- (1) MME 回复错误反馈信息（仅基于 S1 链路的切换准备场景）。
- (2) 传输原因造成的对端网元无响应。
- (3) 外部小区定义错误导致的切换准备请求失败。
- (4) 目标小区资源拥塞导致的准入失败。

2. 简述切换准备失败的优化流程。

解答：

使用 Ncell 测量信息定位出切换准备失败的目标小区，判断切换准备失败是否为 100%，

假如是 100%，则优先考虑外部小区配置错误，如 eNodeB ID、Cell ID、TAC、PCI 等。

如果因为切换目标小区准入失败造成，可打开目标小区的“增强型用户接入规格”算法开关，使单个小区的接入能力达到 1 200RRC 连接用户数；如果依然不能解决目标小区的准入失败问题，则需要考虑进行扩容，优先推荐进行载波扩容（并优化负载均衡参数），再添加物理基站。

9.5.2 切换执行成功率优化

考 点 介 绍

切换执行的基本流程。

切换执行失败的原因。

切换执行优化方法。

1. 基本原理及流程

切换执行（Handover Execution）是基站完成切换判决，与目标基站交互切换准备（Handover Preparation）消息之后，源小区向终端下发切换命令，待终端成功地在目标小区完成随机接入，源小区删除用户上下文的过程。

根据场景，可以分为基站内切换执行和基站间切换执行，而基站间切换执行则可以继续分为包括基于 S1 链路的切换执行过程和基于 X2 链路的切换执行过程。

切换执行成功率计算方法：（小区切出成功次数-小区通过重建回源小区的切出执行成功次数）/小区切出执行次数。

切换准备失败次数计算方法：小区切出执行次数-（小区切出成功次数-小区通过重建回源小区的切出执行成功次数）

对于基站内切换执行场景：

“小区切出执行”，源小区下发 RRC Connection Reconfiguration，如图 9-26 信令点 B 所示。

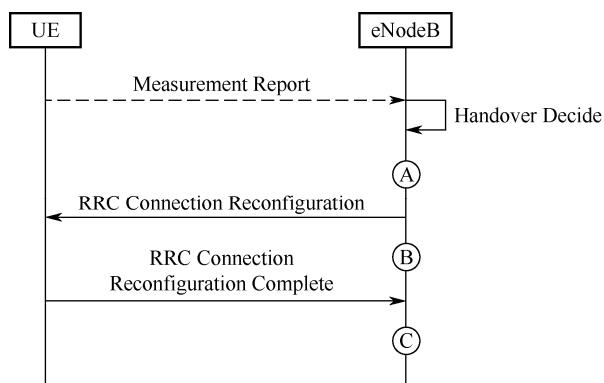


图 9-26 基站内切换执行流程

“小区切出成功”，切换的源小区和目标小区归属相同基站，当 eNodeB 目标小区收

到 UE 返回的 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息后，等待切换过程中的缓存数据转发完成，如图 9-26 信令点 C 所示。

需要特别指出的是“小区通过重建回源小区的切出执行成功”的定义：当基站下发切换命令后，终端没有在目标小区成功接入（可能是由于严重上行或下行干扰），转而重建回源小区的过程如图 9-27 信令点 C 所示。

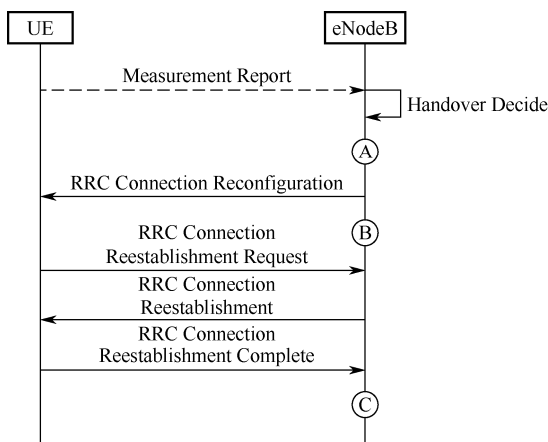


图 9-27 基站内通过重建回源小区的切出执行成功流程

对于基站而言，往往判断该过程为一次切换执行成功事件，然而终端事实上并没有切换至目标小区，因而从严格意义上说，该过程应该被视为切换执行失败事件。

对于基于 S1 链路的基站间切换执行场景：

“小区切出执行”，源小区下发 RRC Connection Reconfiguration，如图 9-28 信令点 B 所示。

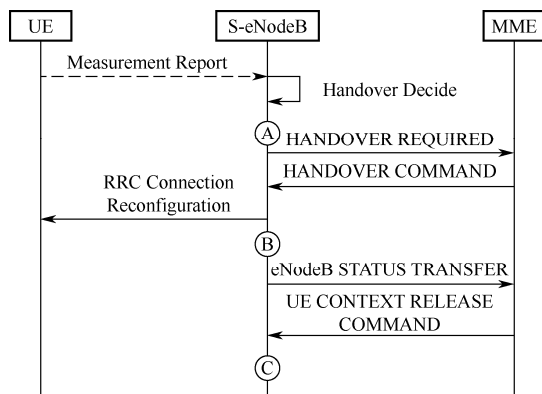


图 9-28 基于 S1 链路的切换执行流程

“小区切出成功”，源 eNodeB 收到 MME 的 UE CONTEXT RELEASE COMMAND 消息（在此之前，还包括目标小区收到 UE 返回的 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息，并向 MME 反馈切换执行成功），如图 9-28 信令点 C 所示。

“小区通过重建回源小区的切出执行成功”与基站内切换执行场景类似，如图 9-29 信令点 C 所示。

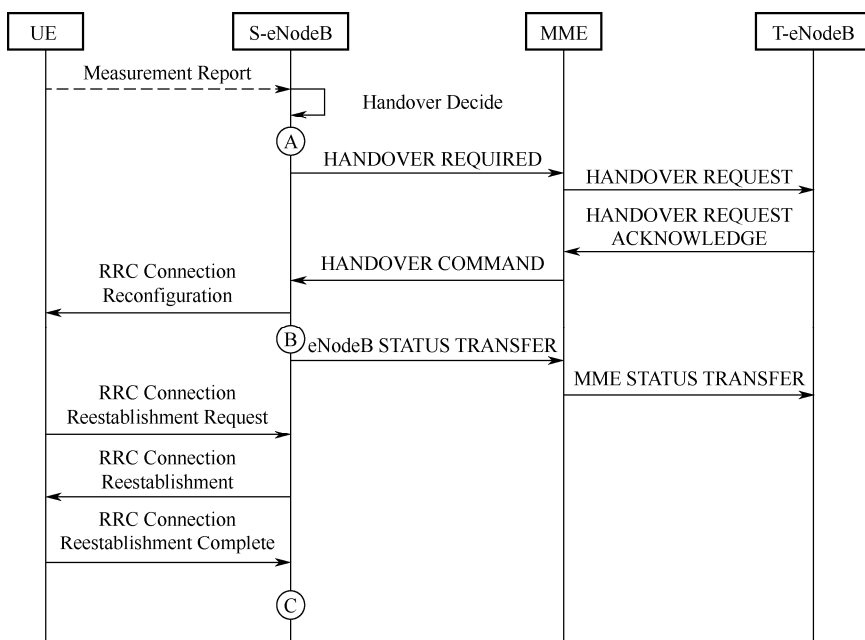


图 9-29 基于 S1 链路通过重建回源小区的切出执行成功流程

对于基于 X2 链路的基站间切换执行场景：

“小区切出执行”，源小区下发 RRC Connection Reconfiguration，如图 9-30 信令点 B 所示。

“小区切出成功”，源 eNodeB 通过 X2 接口收到目标 eNodeB 的 UE CONTEXT RELEASE 消息（在此之前，还包括目标小区收到 UE 返回的 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息），如图 9-30 信令点 C 所示。

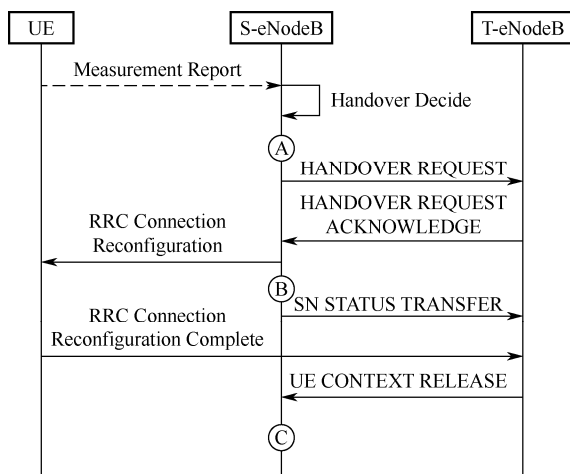


图 9-30 基于 X2 链路的切换执行流程

“小区通过重建回源小区的切出执行成功”与基站内切换执行场景类似，如图 9-31 信令点 C 所示。

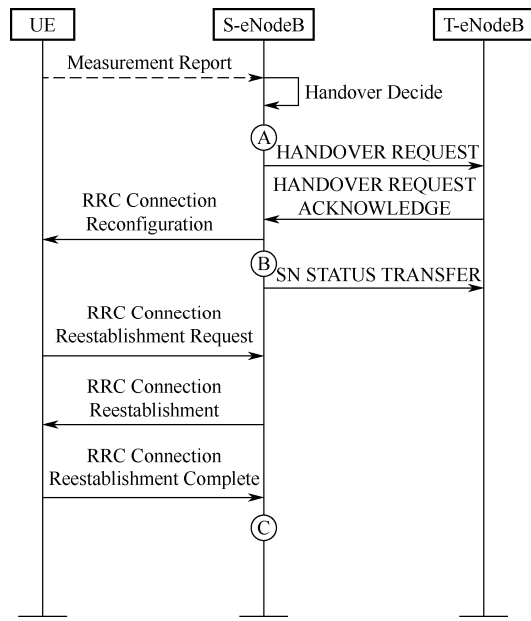


图 9-31 基于 X2 链路通过重建回源小区的切出执行成功流程

2. 切换执行失败原因分析

综上所述，切换执行失败现象有两类：

- (1) 终端没有在切换定时器超时之前完成在目标小区的随机接入，可能重建至其他小区或掉线。
- (2) 终端没有在切换定时器超时之前完成在目标小区的随机接入，终端在切换源小区重建成功。

造成切换执行失败的可能原因如下：

- (1) 由于邻区漏配、最强相邻小区拥塞或严重的下行干扰等原因，终端未收到基站下发的切换命令。
- (2) PDCCH 信道拥塞或严重的上/下行链路干扰，终端无法在目标小区完成随机接入过程。
- (3) 上行高干扰，终端无法反馈切换完成消息（RRC Connection Reconfiguration Complete）。
- (4) 切换参数不合理。

国内某城市 LTE 网络切换执行成功率指标示例如表 9-5 所示。

表 9-5 某城市 LTE 网络切换执行成功率指标示例

	全网指标	同频切换执行场景	异频切换执行场景
切换执行失败次数	489 050	282 274	206 776
切换执行尝试次数	44 054 206	38 193 455	5 860 751
切换执行成功率	98.89%	99.26%	96.47%

可以看到，相对而言，异频切换执行成功率远低于同频切换执行成功率，其主要原因是该网络已经部署 F+D 多层组网的策略，但新部署的作为容量层的 D 频段小区，无

论是邻区的配置，还是 D→F 异频切换参数都有较大的优化空间。

3. 切换执行失败优化思路

切换执行失败的优化流程如图 9-32 所示。

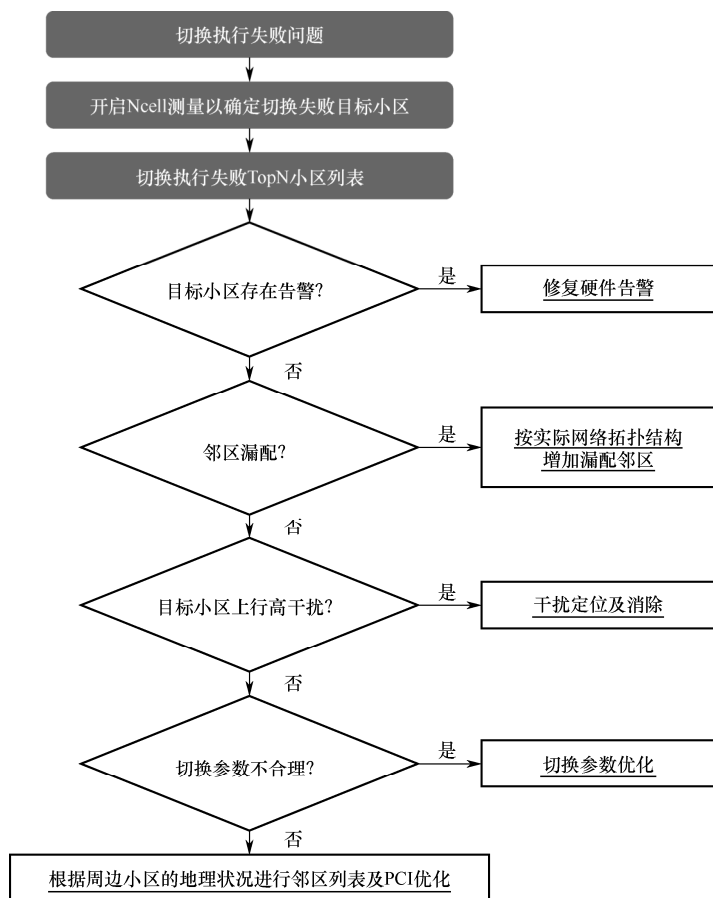


图 9-32 切换执行失败的优化流程

Ncell 测量也能够记录源小区向目标小区发起切换执行后成功或失败的次数。

优化思路及流程如下：

- (1) 利用 Ncell 测量结果，定位出切换执行失败的目标小区。
- (2) 对切换执行失败的目标小区进行告警检查。
- (3) 对源小区进行邻区漏配检查，基站厂商一般会设计由于邻区漏配造成无法进行切换判决的测量，该测量可以区分同频和异频场景。
- (4) 对切换执行失败的目标小区，进行上行干扰（基站接收机底部噪声）检查。
- (5) 对切换执行失败的源小区，进行切换参数检查。
- (6) 对切换执行失败的源小区的相邻小区进行 PCI 复用距离检查。



判断题

异频切换参数中的 A4 门限值应该设置得比 A2 门限值低？

()

答案：×

解析：为了保证良好的异频切换成功率并防止乒乓切换，一般而言会将 A4 的门限值设置得比 A2 的门限值高 3~5dB。



单选题

以下因素不会引起切换执行失败的是（ ）。

- A. 目标小区高干扰 B. PCI 复用距离过短 C. 邻区漏配 D. 传输丢包

答案：D

解析：切换执行流程主要发生在空中接口的信息交互，一般不会受到传输链路质量的影响。



简答题

1. 分情况说明 RRC Connection Reconfiguration 的作用和目的。

解答：

判断 RRC Connection Reconfiguration 的作用要基于其中信元包含的一些内容来进行：

(1) 如果 RRC Connection Reconfiguration 中包含 MobilityControlInfo，则主要作用就是 eNodeB 发出切换命令给 UE 执行切换。

(2) 如果 RRC Connection Reconfiguration 紧跟在 RRC Connection Reestablishment 之后，则其作用通常是重建 SRB2 和 DRB。

(3) 如果 RRC Connection Reconfiguration 中包含 measConfig，则其主要作用就是进行测量配置，包括测量对象增加/修改或删除、测量 ID 增加/修改或删除、测量报告配置增加/修改或删除、测量 Gap 等几个参数。

(4) 如果 RRC Connection Reconfiguration 中包含 radioResourceConfigDedicated，则其主要作用是执行无线资源配置，包括 SRB 增加和重配置、DRB 增加/重配置和释放、MAC 和 SPS（半静态调度）配置及物理信道配置等。

2. 简述切换执行过程可分为几类场景。

解答：

可分为 3 类场景：站内切换执行场景、站间基于 S1 切换执行场景、站间基于 X2 切换执行场景。

对于这 3 类场景，切换执行尝试的事件判决条件相同（源小区发送 RRC Connection Reconfiguration 切换命令），不同之处在于切换执行成功的事件判决条件，站内切换执行场景为基站内部消息交互、站间基于 S1 切换执行场景为 MME 下发 UE Context Release Command、站间基于 X2 切换执行场景为目标基站发送 UE Context Release。

3. 简述路测 LOG 中，切换执行失败的判断条件。

解答：

有两个条件。

条件 1：源小区发送 RRC Connection Reconfiguration 切换命令，终端未能在目标小区成功完成随机接入或反馈 RRC Connection Reconfiguration Complete，终端可能掉线或

重建至第三个小区。

条件 2: 源小区发送 RRC Connection Reconfiguration 切换命令, 终端未能在目标小区成功完成随机接入, 终端成功重建回源小区。

4. 简述切换执行失败的优化流程。

解答:

(1) 利用 Ncell 测量结果定位出切换执行失败的目标小区。

(2) 对切换执行失败的目标小区进行告警检查。

(3) 对切换执行失败的目标小区进行上行干扰(基站接收机底部噪声)检查。

9.6 LTE 数据业务速率类问题

9.6.1 下载速率低的原因

考点介绍

下载速率低的影响因素。

现阶段排查影响 LTE 下载速率低的主要因素包括以下几个方面。

(1) 无线环境。

无线环境是影响下载速率低的一个重要原因。覆盖差、干扰大都对空口传输质量造成影响, 进而降低选择高阶 MCS 的比例。

(2) 容量。

在一些热点场景, 用户数量增多, 导致网络容量出现瓶颈, 单用户的下载速率必然下降。

(3) 无线参数配置。

上/下行时隙配比、功率参数配置、目标 BLER 设置过低或其他信道参数配置问题都可能导致下载速率下降。

(4) 传输问题。

传输参数设置问题, 传输路由有限速、传输问题导致的时延、抖动、丢包。

(5) 天线传输模式。

天线传输模式没有采用复用模式。

(6) 故障。

终端、无线设备、核心网设备故障导致的下载速率低。



判断题

开启同频、异频、异系统 MR 的任何一项测量都会对 LTE 网络的业务速率产生负面影响。 ()

答案: ×

解析: 同频 MR 的开启一般不会对 LTE 网络的业务速率产生负面影响, 但是异频和

异系统 MR 的开启需要强制终端配置 GAP 并进行相关测量，将在时间维度上减少 20%~30% 的调度次数。



简答题

1. 终端 UE 发送数据时，如何决定发送速率？

解答：

LTE 上行业务信道目前支持 64QAM、16QAM、8PSK、QPSK、BPSK 调制方式，不同的调制方式，其支撑的发送速率不一样。

采取何种调制方式，根据信道质量的好坏由基站侧决定。

2. 分析选用高阶 MCS 的比例较少的原因。

解答：

可能的原因：弱覆盖、重叠覆盖或存在强干扰，用户上报的 SINR 较差，经过资源调度算法分配的资源较少，各个用户的信道质量差，基站选择了较低的 MCS，使用的编码速率及调制方式较低。

3. 单用户峰值速率与基线速率比小于 5%，请分析原因（至少 5 种）。

解答：

- (1) 覆盖原因。
- (2) 存在干扰（网内干扰、网外干扰）。
- (3) MCS 调度数不够。
- (4) UE 未工作在双流模式。
- (5) 服务器配置导致用户速率较低。
- (6) 计算机未进行 TCP 窗口优化。
- (7) FTP 线程数较少。

9.6.2 三维模型

考 点 介 绍

时间、频率、传输效率对数据业务速率的影响。

LTE 网络数据传输速率问题，较以往 2G、3G 网络更复杂。这里，基于大量现网优化经验总结的 LTE 数据传输模型开始，由浅入深地讲解该专题的优化要点问题。

LTE 网络的数据传输性能可以由一个三维模型来代表，如图 9-33 所示。这个三维模型包含以下 3 个维度：时间、频率、效率（CQI/MSC/TM 等）。使用该模型，LTE 网络数据传输速率可以用魔方的体积来表征。

在时间维度上，以平均每秒调度的 TTI 数量衡量。FDD 网络上/下行每秒最多能够达到 1 000 次调度；TDD 网络则根据上/下行子帧配比有所不同，以应用最广泛的 SA2 配置方式为例，下行最多调度次数每秒 800 次，上行最多调度次数每秒 200 次。

在频率维度上，以平均 PRB 调度数量衡量，下行链路最多可调度 PRB 数量 100 个，上行链路最多可调度 PRB 数量根据上行公共信道配置（PUCCH、PRACH）的情况略有

不同，且必须满足 2、3、5 整数倍的原则。

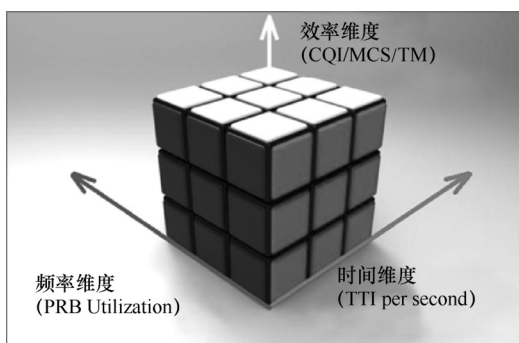


图 9-33 LTE 网络数据业务速率三维模型

在效率维度上，以单位时间、频率资源可承载的有效比特数量衡量。在实际的优化过程中，常常由平均调度 MCS（由 UE 上报 CQI 确定）和传输模式（Transmission Mode）进行量化。



多选题

下面关于影响数据业务速率的因素描述正确的是（ ）。

- A. 平均每秒调度的 TTI 数量
- B. ERAB 建立成功次数
- C. 平均 PRB 调度数量
- D. 平均调度 MCS 和天线传输模式

答案：ACD

解析：LTE 网络的数据传输性能可以由一个三维模型来代表，即时间（平均每秒调度的 TTI 数量）、频率（平均 PRB 调度数量）、效率（CQI/MSC/TM 等）（平均调度 MCS 和天线传输模式）。ERAB 建立成功次数属于接入性能范畴。

9.6.3 数据业务优化思路

考 点 介 绍

提升数据业务速率的思路。

使用该传输模型，优化人员能够直观地对某次数据业务速率测试，或者对某些用户的网络体验进行多维度的独立量化，并制订出相应的优化方案，主要思路如图 9-34 所示。

在时间维度上，平均每秒调度的 TTI 数量较少，造成的原因可能是网络负荷较重，或者 FTP 服务器性能较差；网络中开启异频、异系统 MR 上报，会造成时间维度调度次数减少约 20%~30%。

在频率维度上，平均 PRB 调度数量较少，造成的原因可能是网络负荷较重，或者 FTP 服务器性能较差。

在效率维度上，平均 MCS 或双流占比较少，造成的原因可能是信道质量较差（终端上报的 CQI 较低，或者 BLER 较高），需要进行 RF 优化。

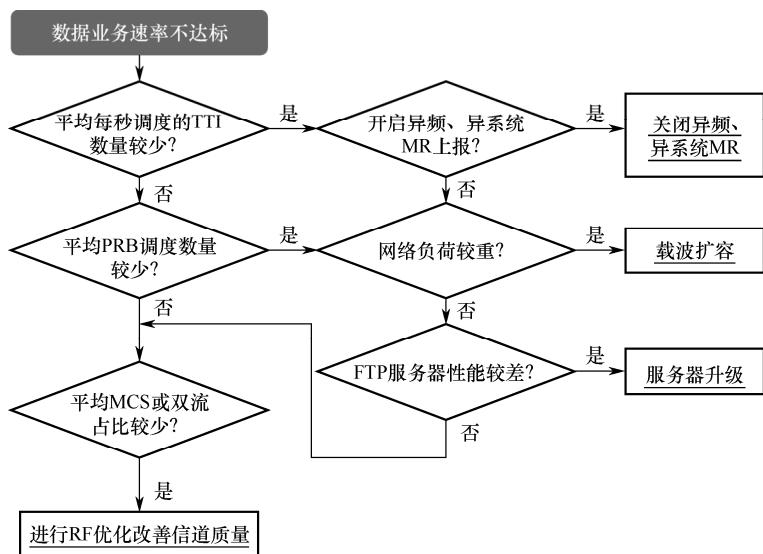


图 9-34 LTE 网络数据业务性能优化流程



单选题

进行上传和下载业务测试时，（ ）。

- A. 避免同时上传或下载同一目录下文件
- B. 可以同时上传或下载同一目录下文件
- C. 无所谓
- D. 必须同时上传或下载同一目录下文件

答案：A

解析：进行上传和下载业务测试时，避免同时上传或下载同一目录下文件。



简答题

1. 简述 LTE 数据业务速率模型及问题定位思路。

解答：

LTE 数据业务速率模型是将复杂的问题简化成为 3 个可以进行量化的维度，以便于进行有针对性的优化。

(1) 在时间维度上，以平均每秒调度的 TTI 数量表征，造成这部分性能问题的原因可能是网络负荷较重或 FTP 服务器性能较差；网络中开启异频、异系统 MR 上报会造成时间维度调度次数减少约 20%~30%。

(2) 在频率维度上，以平均 PRB 调度数量表征，造成这部分性能问题的原因可能是网络负荷较重或 FTP 服务器性能较差。

(3) 在效率维度上，以平均 MCS 或双流占比表征，造成这部分性能问题的原因可能是终端上报的 CQI 较低或 BLER 较高，需要进行 RF 优化。

2. 简述 MCS 调度实现的过程。

解答：

(1) UE 测算 SINR, 上报 RI 及 CQI 索引给 eNodeB, eNodeB 根据 UE 反馈的 RI 及 CQI 索引进行 TM 和 MCS 调度; MCS 一般由 CQI、BLER、PC+ICIC 等共同确定。

(2) 下行 CQI: UE 根据测量的 CRS SINR 映射到 CQI, 上报给 eNodeB。

(3) 上行 CQI: eNodeB 通过 DMRS 或 SRS 测量获取上行 CQI。

(4) 对于 UE 上报的 CQI (全带或子带) 或上行 CQI, eNodeB 首先根据 PC 约束、ICIC 约束和 BLER 情况来对 CQI 进行调整, 然后将 4b 的 CQI 映射为 5b 的 MCS。

(5) MCS 通过 PDCCH 下发给 UE, UE 根据 MCS 可以查表得到调制方式和 TBS 进行下行解调或上行调制, 相应的 eNodeB 根据 MCS 进行下行调制和上行解调。

3. 在低 SINR 值时, 下载速率为什么能够达到 45Mb/s?

解答:

SINR 是信号与噪声加干扰的比值, SINR 比较小, 有可能是信号和噪声加干扰都比较小 (如孤岛效应时, 离基站很远, 虽然 RSRP 不是很大, 但此时的干扰也较小)。这种情况下, 下载速率可能会达到 45Mb/s。另外, 下载速率还和 RB 调度数、MCS 调度数、天线模式有关。

4. 请说明单室分和双室分测试时候的平均速率, 以及两个系统的大致区别。

解答:

单室分平均测试速率 40~50Mb/s, 双室分平均测试速率 80~90 Mb/s。

单室分不支持 MIMO, 双室分支持 MIMO。

单室分是和现有 DAS 系统的简单合路, 双室分需要对现有 DAS 系统进行改造, 需要增加一套 DAS 系统。

9.7 2G、3G、4G 互操作问题

9.7.1 互操作策略

考 点 介 绍

时长驻留比和流量驻留比。

终端驻留和互操作策略。

目前大多数移动运营商在同时运营 2G、3G、4G 网络, 如何合理运用 3 种网络的资源, 向商用用户提供最佳感知体验, 是非常重要的课题。

从网络的技术基础来看, 3 种制式产生于不同的需求背景:

(1) LTE 制式主要满足用户对高速数据业务的需求。

(2) TD-SCDMA 能够为用户提供中低速率的数据服务和语音服务。

(3) GSM 能够提供低速率数据业务和语音业务。

因此, 合理引导用户业务使用不同的网络资源, 不但能够最大限度地发挥网络的技术特点和资源使用率, 同时能使用户对于数据和语音业务享受到最好的网络服务和体验感知。但目前部分场景仍然存在 LTE 时长驻留比或流量驻留比低, 而相应区域的 2G 负荷较重的不合理情况。

根据不同制式的技术特点,网络发展的现状、覆盖水平,提出如下多制式网络场景下的终端驻留和互操作策略,如图 9-35 所示。

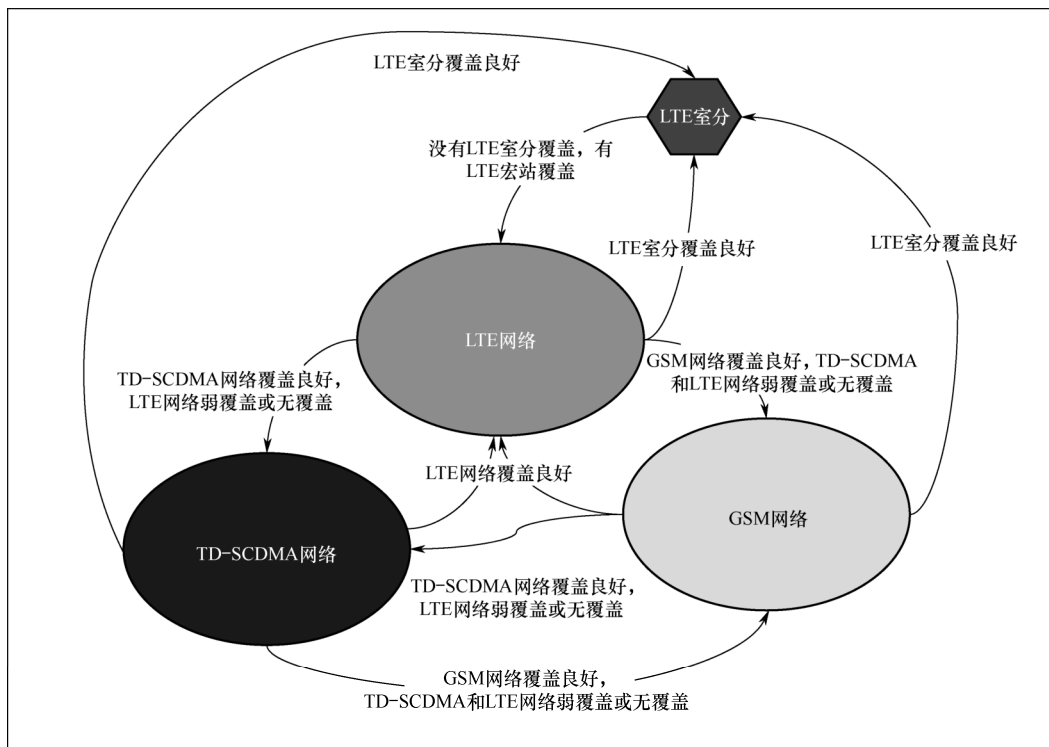


图 9-35 2G、3G、4G 网络策略设计建议

(1) LTE 终端优先选择驻留在 LTE 网络,并且尽可能减少与 GSM 和 TD-SCDMA 网络的互操作,即减少异系统重选和切换次数。

(2) 在 LTE 弱覆盖和无覆盖区域,在合适的门限条件下,通过重选和重定向选择 GSM 和 TD-SCDMA 网络,减小终端脱网概率。

(3) 对于 TD-SCDMA 和 GSM 网络,当其覆盖区域和 LTE 网络重合,且 LTE 网络覆盖良好时,需要引导终端尽快返回 LTE 网络。



判断题

LTE 终端优先选择驻留在 LTE 网络,并且尽可能多配置与 GSM 和 TD-SCDMA 网络的互操作,以保证 LTE 与 GSM、TD-SCDMA 网络的优势互补。 ()

答案: ×

解析: 没有互操作是最好的互操作。LTE 终端优先选择驻留在 LTE 网络,但要尽可能减少与 GSM 和 TD-SCDMA 网络的互操作,即减少异系统重选和切换。



多选题

关于 LTE 与 GSM、TD-SCDMA 互操作策略描述正确的是 ()。

A. 在 LTE 弱覆盖和无覆盖区域,在合适的门限条件下,通过重选和重定向选择

GSM 和 TD-SCDMA 网络, 减小终端脱网概率

- B. 对于 TD-SCDMA 和 GSM 网络, 当其覆盖区域和 LTE 网络重合, 且 LTE 网络覆盖良好时, 需要引导终端尽快返回 LTE 网络
- C. LTE 室分覆盖良好的时候, 需要引导终端尽快返回 LTE 室分网络
- D. 没有 LTE 室分覆盖的时候, 需要引导终端尽快返回 GSM 网络

答案: ABC

解析: 没有 LTE 室分覆盖的时候, 需要引导终端尽快选择 LTE 宏站网络。

9.7.2 网络互操作优先级划分

考点介绍

网络互操作的优先级。

当正常驻留在 LTE 小区时, 终端会测量主服务小区的信号强度, 并根据小区下发的测量控制命令, 测试同频邻区、异频邻区和异系统邻区的信号强度。

根据测量结果, 终端按无线制式的优先级, 以及小区的信号强度对测量到的小区进行排序, 然后进行小区重选。当满足重选条件时, 终端重选到最高优先级中信号最好的小区。

在进行邻区测量和小区重选时, 终端都需要获取邻区的优先级信息。终端仅对系统消息中给出的具有优先级别的 LTE 频点和异系统频点进行测量, 不会对系统消息中列在黑名单的小区进行重选。所以, 不同无线制式之间的频点不允许有相同的优先级。一般而言, LTE 的优先级高于 TD-SCDMA, TD-SCDMA 的优先级高于 GSM。

根据以上策略, 将 3 种无线制式及相关频段按如表 9-6 所示的优先级进行设置。

表 9-6 3 种无线制式及相关频段优先级

网络制式	频段	网络优先级	网络制式	频段	网络优先级
LTE	E 频段 E1、E2 频点	7	TD-SCDMA	A 频段	3
LTE	预留	6	预留优先级	保留优先级	2
LTE	D 频段 D1、D2 频点	5	GSM	900/1800	1
LTE	F 频段	4			

网络优先级的定义:

3GPP 协议中规定, 在 UE 进行测量和小区重选时, 需要获取邻区的优先级信息。UE 只对系统消息中给出的具体优先级别的 LTE 频点和异系统频点进行小区重选。不同无线制式之间的频点不允许有相同的优先级。在进行同频小区重选时, UE 将忽略频点优先级信息。终端在空闲态时, 总会优先驻留在满足接入门限的高优先级网络。由此, 通过合理的优先级划分, 可以引导终端优先驻留在期望的网络制式或频段中。



判断题

2G、3G、4G 网络中重选优先级相关的参数: 小区重选优先级 (CellReselectionPriority), 其数值越小表示重选优先级越高。 ()

答案：×

解析：3GPP 协议规定了数值 0~7 的小区重选优先级参数，其数值越大表示重选优先级越高，数值越小表示重选优先级越低。

9.7.3 互操作的几种场景

考点介绍

语音业务异系统互操作。

数据业务异系统互操作。

空闲模式下的网络重选场景。

连接模式下的移动性策略。

图 9-36 表示 GSM、TD-SCDMA 和 LTE 网络之间主要的组网互操作场景。

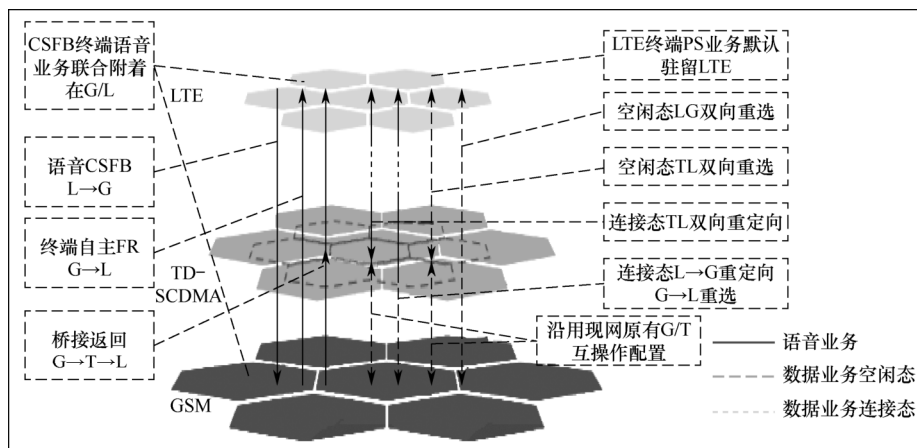


图 9-36 GSM、TD-SCDMA 和 LTE 网络之间主要的组网互操作场景

对于语音业务，如图 9-36 实线所示流程，主要考虑的场景有 LTE 终端联合附着在 LTE 和 GSM 网络中，语音业务回落到 GSM 网络；语音业务结束后，通过 GSM→TD-SCDMA→LTE 桥接返回 LTE 网络，或终端自主以 Fast Return 的方式返回 LTE 网络。

对于数据业务，由于 LTE 网络的承载能力远大于 TD-SCDMA 和 GSM 网络，能够向商用用户提供更好的体验感知，因此无论是处于空闲模式还是连接模式的终端，都应该通过合理的互操作参数尽量驻留和使用 LTE 网络。

终端在 TD-SCDMA 网络中时刻搜索 LTE 网络，一旦 LTE 覆盖电平达到一定的质量标准，终端应尽快返回 LTE 网络。终端在 GSM 网络中一般不尝试直接返回 LTE 网络，建议经过 TD-SCDMA 网络桥接，尽快返回 LTE 网络。

1. 空闲模式

LTE 网络同时配置向 TD-SCDMA 和 GSM 的异系统重选，策略如图 9-37 所示。

高优先级向低优先级的异系统重选，LTE 终端优先重选至 TD-SCDMA，而不是 GSM，如表 9-7 所示。

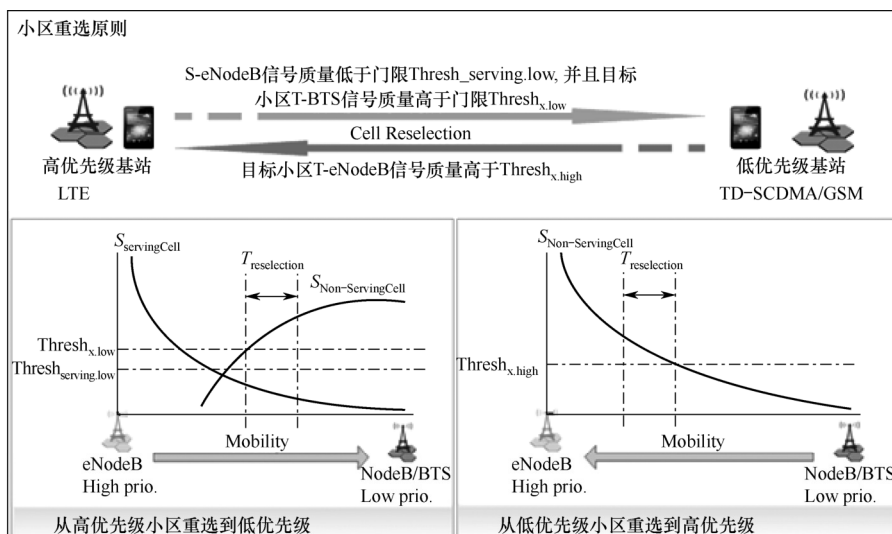


图 9-37 空闲模式异系统重选原则

表 9-7 2G、3G、4G 网络重选场景说明

源 RAT	目标 RAT	重选规则
LTE	TD-SCDMA	异系统低优先级重选（优先级为 3）
LTE	GSM	异系统低优先级重选（优先级为 1）

LTE 异系统重选参数建议，如图 9-38 所示。

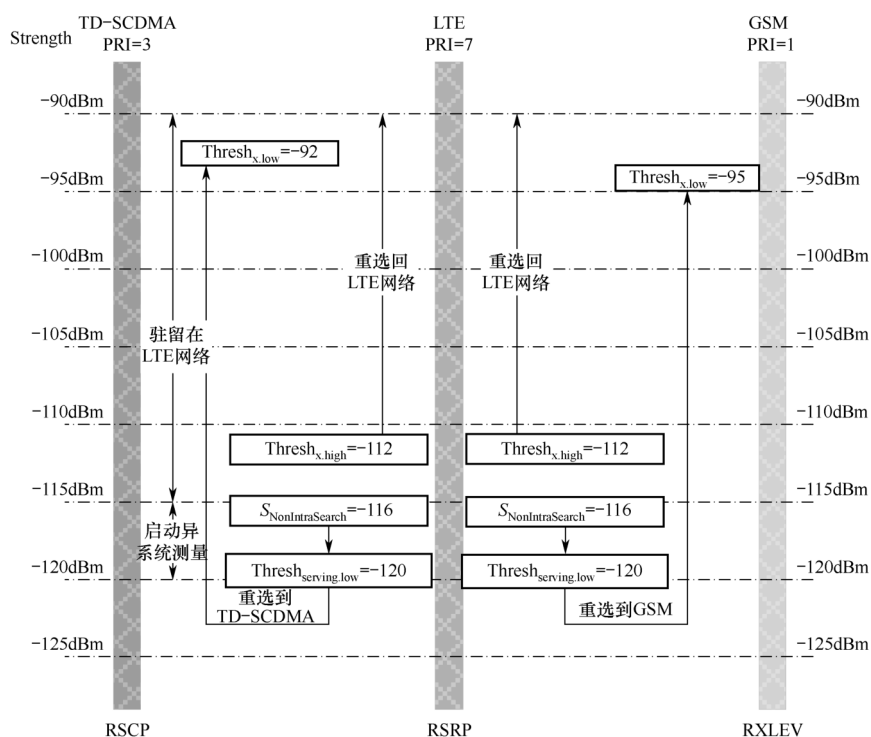


图 9-38 空闲模式异系统重选参数建议示意图

LTE 空闲模式异系统重选参数建议如表 9-8 所示。

表 9-8 LTE 空闲模式异系统重选参数建议

互操作场景	目标系统 优先级	启动异频、异系统测量 门限 ($S_{\text{NonIntraSearch}}$)	LTE 服务小区低优先级重 选门限值 ($\text{Thresh}_{\text{serv,low}}$)	低优先级小区重选门 限值 ($\text{Thresh}_{\text{x,low}}$)	迟滞 (s)
LTE 到 TD-SCDMA	3	-116 dBm	-120 dBm	-92 dBm	1
LTE 到 GSM	1	-116 dBm	-120 dBm	-95 dBm	1

2. 连接模式

在当前阶段，LTE 异系统移动性策略仅仅考虑基于覆盖的重定向和盲重定向。对于 LTE、TD-SCDMA (3G) 和 GSM 异系统的移动性管理，遵循终端在保证业务连续性的情况下，尽可能使用 LTE 网络。

LTE 异系统移动性策略如下：

(1) LTE 终端异系统互操作优先目标为 TD-SCDMA (3G)，其次为 GSM。

(2) 打开向 TD-SCDMA (3G) 基于覆盖测量的重定向，打开向 GSM 基于覆盖测量的重定向。

(3) 打开向 GSM 的盲重定向（同时为了兼顾 CSFB 业务），打开向 TD-SCDMA 的盲重定向。

LTE 连接态互操作参数建议值如表 9-9 所示。

表 9-9 LTE 连接态互操作参数建议值

事件类型	事件门限 (dBm)	时间迟滞 (ms)	事件类型	事件门限 (dBm)	时间迟滞 (ms)
A1	-115	640	B1 (TD-SCDMA)	-100	640
A2 (基于测量)	-120	640	B1 (GSM)	-96	640
A2 (盲重定向)	-120	640			



多选题

下面关于 GSM、TD-SCDMA、LTE 互操作场景描述正确的是（ ）。

- A. 语音业务在 GSM 结束后，终端可以以 Fast Return 的方式返回 LTE 网络
- B. 不管是空闲模式还是连接模式的终端，进行数据业务的 LTE 终端都应该通过合理的互操作参数，尽量驻留和使用 LTE 网络
- C. LTE 网络可以同时配置向 TD-SCDMA 和 GSM 的异系统重选，以应对空闲模式下异系统互操作的需求
- D. 打开向 TD-SCDMA (3G)、GSM 基于覆盖测量的重定向，以应对连接模式下异系统互操作的需求

答案：ABCD

解析：GSM、TD-SCDMA、LTE 互操作场景要尽量选择 LTE 网络，以提高 LTE 的时长驻留比或流量驻留比。但为了确保在没有 LTE 网络或 LTE 覆盖很弱的场景下终端用户的体验

连续, 需要 LTE 网络同时配置向 TD-SCDMA 和 GSM 的异系统重选策略, 打开向 TD-SCDMA (3G)、GSM 基于覆盖测量的重定向。



简答题

简述 2G、3G、4G 网络选择的基本流程。

解答:

终端开机后, 会按固定顺序检测无线网络并寻找合适的小区进行驻留。

如果一个区域内同时存在 LTE、TD-SCDMA 和 GSM 三个制式网络, 则终端开机后会依次搜索 LTE、TD-SCDMA 和 GSM 网络。

如果终端检测到的 LTE 信号强度满足 LTE 网络设置的最小接入电平, 则选择 TDD-LTE 小区进行驻留。

否则, 终端尝试驻留 TD-SCDMA 网络。如果终端检测到的 TD-SCDMA 信号强度满足 TD-SCDMA 网络设置的最小接入电平, 则开始选择 TD-SCDMA 小区进行驻留。

否则, 尝试驻留 GSM 小区。如果满足 GSM 最小接入电平则开始选择 GSM 小区。否则, 终端脱网。

9.8 LTE 掉线类问题

9.8.1 掉线原理及流程

考点介绍

LTE 掉线问题的两种情况。

目前, 业界对于 LTE 掉线问题定义为以下两类场景。

(1) eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的用户上下文释放, 如图 9-39 信令点 A 所示, 基站感知到 S1 链路故障, 需要复位导致的掉线。

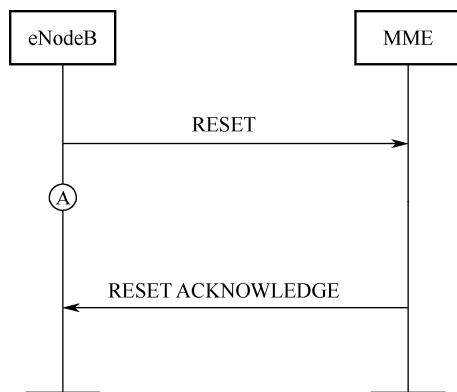


图 9-39 eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 UE Context 释放

(2) UE Context 异常释放, 如图 9-40 信令点 A 所示, 由基站主动发起的用户上下文释放导致的掉线, 其中包含的原因值不能是正常原因值, 如 Normal Release、Detach、User Inactivity、CS Fallback triggered、UE Not Available for PS Service、Inter-RAT Redirection、Time Critical Handover、Handover Cancelled 等。

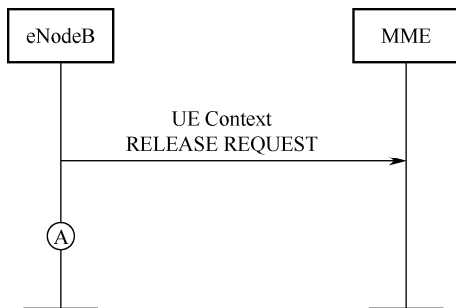


图 9-40 eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放

由无线信道质量差造成的切换执行失败、上行弱覆盖、上行同步失败、SRB 复位、Uu 无响应等多种异常流程, 都会导致基站主动发起的用户上下文释放, 从而引起 LTE 业务掉线。

LTE 网络掉线次数计算方法: eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 UE Context 释放和 UE Context 异常释放次数的总和。

LTE 网络掉线率计算方法: 掉线总次数/ERAB 建立成功次数。



判断题

eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的用户上下文释放, 基站感知到 S1 链路故障, 复位会导致掉线。 ()

答案: √

解析: 业界对于 LTE 掉线问题可以分为以下两类场景, eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的用户上下文释放和 UE Context 异常释放导致的基站主动发起的用户上下文释放。



简答题

简述 LTE 业务掉线的场景分类。

解答: 如正文所述。

9.8.2 LTE 网络无线掉线原因

考点介绍

LTE 网络无线掉线的主要原因。

LTE 网络无线掉线原因分析如图 9-41 所示。

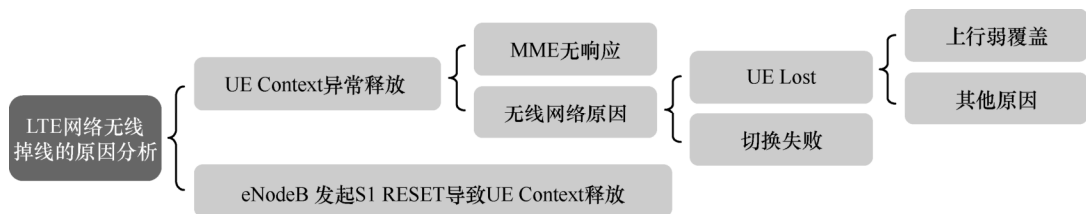


图 9-41 LTE 网络无线掉线原因分析

(1) eNodeB 等待初始上下文建立请求超时，触发的 UE Context 释放主要是在终端初始接入网络阶段，终端与核心网信息交互出现异常的流程。

(2) 无线网络原因造成的 UE Context 异常释放，还可以继续细化为切换失败和终端丢失 (UE Lost) 两类。切换失败主要是由于切换执行失败造成的；终端丢失可能的原因是上行弱覆盖及其他无线网络原因。

(3) eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的用户上下文异常释放，主要是由于 S1 链路出现故障，基站需要复位 S1 链路导致的 VoLTE 业务掉线。



单选题

以下哪个基站发起用户上下文释放原因属于 LTE 业务掉线？ ()

A. User Inactivity

B. UE Lost

C. Time Critical Handover

D. Detach

答案：B

解析：当基站感知到由于（上行或下行）无线链路出现不可恢复的问题时，主动发起用户上下文异常释放流程，消息中携带的原因值一般就是 UE Lost。



简答题

常见的 LTE 发生掉线有哪几种原因？

解答：

主要原因分为 3 种。

(1) 切换失败导致掉线。

① 覆盖问题。

② 干扰问题。

③ 邻区问题（邻区漏配、错配或配置参数不合理等）。

④ 切换参数设置问题（切换门限、迟滞、CIO、切换定时器等设置不合理）。

(2) 重建失败导致掉线：一般是在切换失败、重配置失败后 UE 向 eNodeB 发起信道重建请求，以补救正在进行的业务。

① 覆盖问题（弱覆盖、过覆盖、重叠覆盖等）。

② 干扰问题（PCI 冲突、导频污染、外部干扰等）。

③ 参数问题（如 RRC 重建响应等待时间 T301 等）。

(3) 其他原因导致掉线。

- ① 终端检测到无线链路失败，RLF 下行失步。
- ② 终端异常或故障。
- ③ 基站硬件异常或故障。
- ④ 传输异常或故障。

9.8.3 优化思路和方法

考 点 介 绍

LTE 网络无线掉线的优化流程。

LTE 网络无线掉线优化流程如图 9-42 所示。

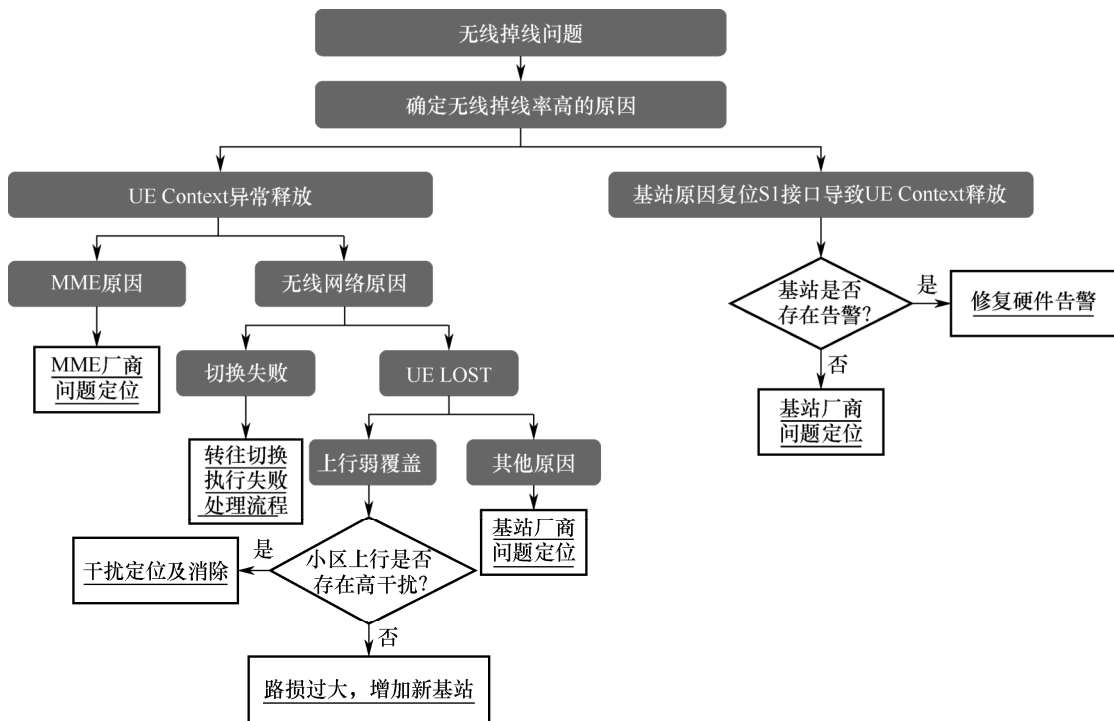


图 9-42 LTE 网络无线掉线优化流程

优化思路如下：

(1) eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的用户上下文异常释放，主要是由于 S1 链路出现故障，需提交基站厂商和传输厂商共同定位处理。

(2) eNodeB 等待初始上下文建立请求超时，触发的 UE Context 释放，是由终端与核心网信息交互出现的异常流程造成的，需要通过详细的信令跟踪，找到问题根本原因后再制订优化方案。

(3) 切换失败，优化方法可参考切换执行失败的优化流程。

(4) 上行弱覆盖，首先通过干扰检测确定是否存在上行干扰。如果存在上行干扰，

则需要进行干扰定位；如果不存在上行干扰，则可以通过下行 MR 的分布比例判断是否是由于路损过大造成的。

(5) 其他无线网络问题主要是由于下行覆盖质量原因造成的，可能的现象是下行数据包经过若干次重传仍然无法获取终端的确认。如果排除了下行覆盖差的原因，则需要转交基站厂商处理。



判断题

基站主动发起的用户上下文释放的原因是基站侧的某些定时器超时。（ ）

答案：√

解析：基站侧对每个用户维护着若干个状态定时器，如等待用户上下文建立定时器、上行链路失步定时器、切换执行完成定时器、空口定时器等，一旦这些定时器中的一个超时，基站判断用户的无线链路出现无法恢复的异常事件，则主动发起用户上下文释放流程而造成 LTE 业务掉线。



多选题

下面哪些 KPI 是和掉线相关的指标？（ ）

- A. RRC 连接异常掉线率= $\text{RRC 连接异常释放次数} / \text{RRC 连接建立成功率次数} \times 100\%$
- B. ERAB 掉线率= $\text{ERAB 异常释放次数} / \text{ERAB 建立成功次数} \times 100\%$
- C. ERAB 掉线率（按 QCI 统计）= $\text{ERAB 异常释放次数（按 QCI 统计，QCI 为 1} \sim 9) / \text{ERAB 建立成功次数（按 QCI 统计，QCI 为 1} \sim 9) \times 100\%$
- D. 激活 ERAB 掉线率

答案：ABCD

解析：RRC 连接异常掉线率、ERAB 掉线率、激活 ERAB 掉线率均是和掉线相关的指标。



简答题

1. 某路段由某站的 A、B 小区覆盖，整段路上 RSRP 在 $-85 \sim -70\text{dBm}$ 之间，但切换经常掉线，请写出分析与排查方法（假设此问题与产品本身无关）。

解答：

- (1) 利用扫频仪测试，看是否有本频段内其他非主覆盖小区信号（除 A、B 小区之外），尽量减小或降低非主覆盖小区的信号强度，提升主覆盖小区信号的 SINR。
- (2) 检查附近小区是否存在与本小区 DL/UL 配比不一致的情况，如有，则纠正错误。
- (3) 检查附近基站及本基站是否存在 GPS 失步的情况，如有，则反馈排障。
- (4) 检查主覆盖小区是否与此路段信号强的邻区 PCI 存在模 3 相同关系。
- (5) 查验是否存在外部干扰或其他同频段基站信号造成的干扰。

2. 在未打开 ANR 时，如果邻区缺失，则路测中会出现什么状况，通过哪些信令可以判断是邻区缺失？

解答：

源小区不停上发测量报告，但不能切换至目标小区，RSRP 和 SINR 逐渐变差，最终掉线。

信令上有很多 UE 上报的 Measurement Report 消息，但基站没有 RRC Connection Reconfiguration（切换命令）消息下发给 UE。

9.9 VoLTE 注册类问题

9.9.1 VoLTE 注册类问题的原理及流程

考 点 介 绍

VoLTE 注册的类型。

VoLTE 注册的基本流程。

1. VoLTE 注册的类型

VoLTE 注册分为初始注册、重注册及第三方注册。

（1）初始注册。

开机附着于 LTE 网络，并完成建立 IMS 默认承载之后，从 2G、3G 网络重选到 LTE 网络，并完成 TAU；IMS 注销之后，再次启用 IMS 功能；在重注册失败之后再次发起注册；手机认证必须经过初始注册流程。

（2）重注册。

初始注册成功后，用户的签约网络会登记用户的注册时长 T1。当用户的已注册时长接近 T1 时，一般为 50min，UE 需要向网络侧发起新的注册请求，即重注册。

（3）第三方注册。

S-CSCF 向 AS（应用服务器）请求的第三方注册，根据 iFC 准则，涉及的应用服务器为 SCC AS、VoLTE AS、IP-SM-GW 等。

2. 注册的基本流程

用户开通了 VoLTE 签约，并在 VoLTE 终端上打开“VoLTE”、“ims 服务”或“HD 高清语音”开关。在开机附着成功后，UE 单独发起 APN=ims 的 PDN 连接性请求，并成功建立 QCI=5 的 ims 信令默认承载，接着 UE 发起注册请求。

首先 UE 将注册消息发往 P-CSCF，P-CSCF 根据用户查询 DNS，找到用户归属的 I/S-CSCF，I/S-CSCF 向用户归属 HSS 要鉴权数据，并构造 401 消息给 UE。

UE 进行网络鉴权成功后，根据相关鉴权参数，计算相应参数，再次通过注册请求消息返回 I/S-CSCF，并在鉴权通过后，返回 200 OK 消息，告诉 UE 网络侧注册成功。

同时，S-CSCF 根据用户在 HSS 签约的各个业务数据代替用户进行第三方注册，以激活用户签约的各项业务。

基本注册、第三方注册流程如图 9-43 所示。

初始注册成功率计算方法：统计点分别如图 9-44 黑圈所示。

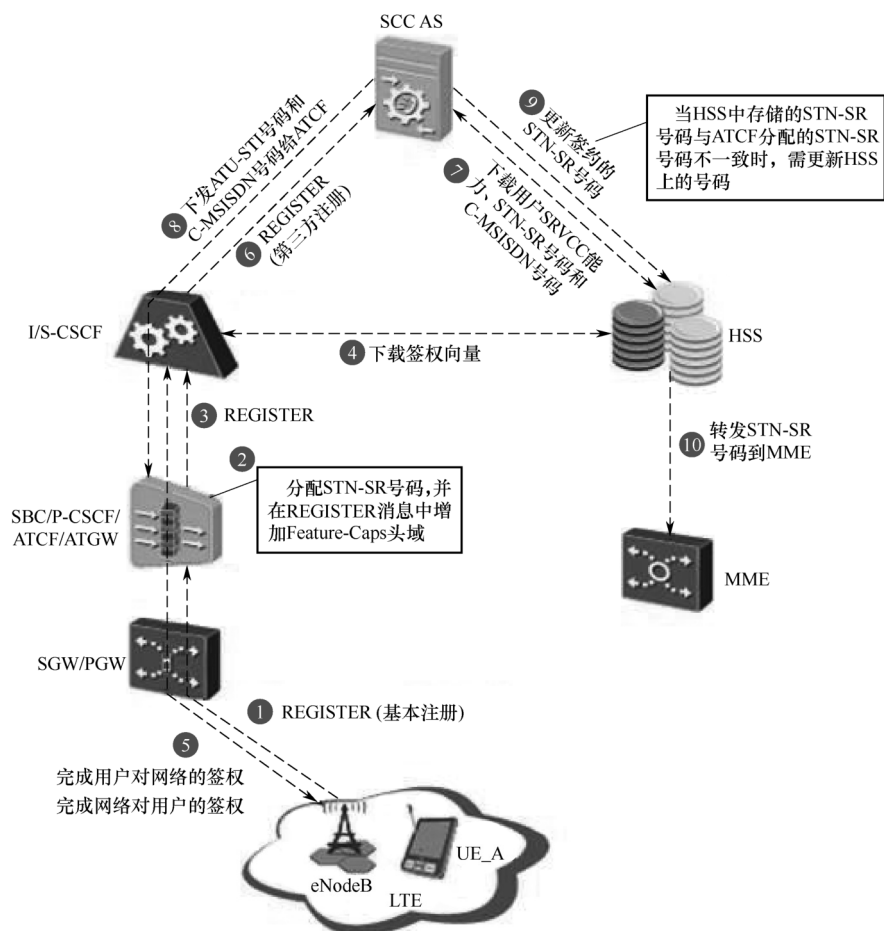


图 9-43 基本注册、第三方注册流程 (1~4 为初始注册, 5 为二次注册, 6 为第三方注册)

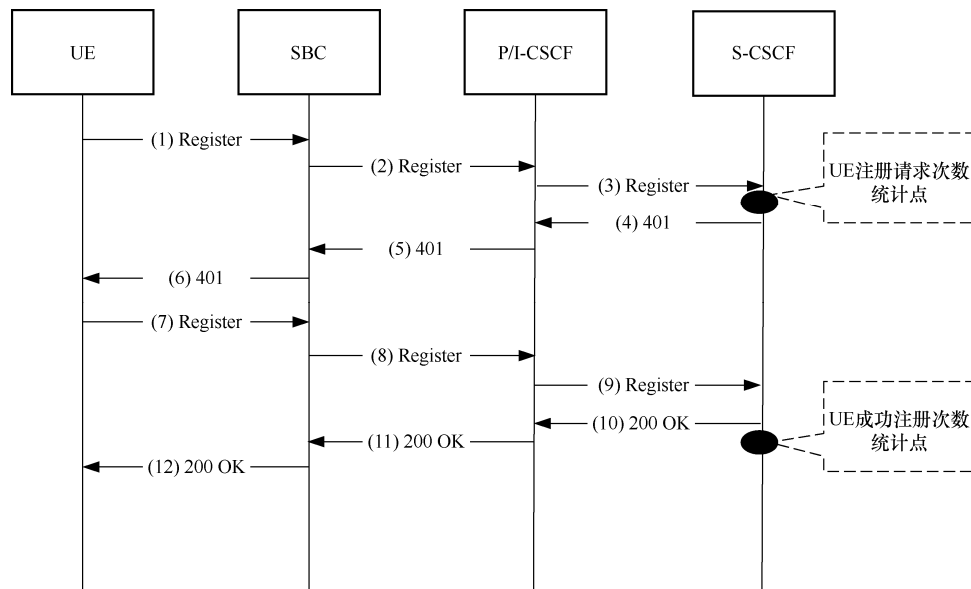


图 9-44 注册成功率的统计点



判断题

第三方注册未成功，IMS 网络侧会通知 UE。

()

答案：×

解析：第三方注册是 S-CSCF 代替 UE 去 AS 注册。当注册未成功时，IMS 只会自己记录不成功事件，不会告诉 UE。



单选题

VoLTE 注册流程中，若 PCO 参数包含 00CH，则表示 ()。

- A. 请求 UE 的 IPV4 地址 B. 请求 UE 的 IPV6 地址
C. 请求 P-CSCF 的 IPV4 地址 D. 请求 P-CSCF 的 IPV6 地址

答案：C

解析：协议规定。PCO 信元中携带 00CH 参数，表示 P-CSCF IPv4 Address Request，用来请求 P-CSCF 的 IPv4 地址。



简答题

简述 VoLTE 用户初始注册的主要场景。

解答：

开机；跨省 TAU；用户从 GSM 网络返回 LTE 网络 TAU；P-CSCF 启用容灾功能等。

9.9.2 VoLTE 注册失败原因分析

考 点 介 绍

VoLTE 注册失败原因。

现网注册失败原因如表 9-10 所示。

表 9-10 现网注册失败原因

401	403	486	400	500	404	480
Unauthorized	Forbidden	Busy Here	Bad Request	Server Internal Error	Not Found	Temporarily Not Available

UE 给网络侧发出了注册请求消息，网络侧返回用户 401 消息，后续没有收到 UE 的带鉴权响应参数的注册请求消息，而导致注册失败。主要原因是因为覆盖较弱的情况下，UE 没有收到网络侧下发的 401 消息，或虽收到了 401 响应消息，但由于上行受限而无法将带鉴权响应参数的注册请求消息发给网络侧。

外省漫游进入的用户，发起注册，被 HSS 拒绝，I-CSCF 返回 403，原因值为 Roaming Restricted。

终端发起 REGISTER，网络回复 401，终端采用不同 IP 或不同 P-CSCF 发起新的注册，S-CSCF 回复 486，原因值是 Too many register in parallel。

终端在初始注册流程中，第二次注册 REGISTER 消息中未携带 Nonce Value 和 Response，S-CSCF 回复 400，原因值为 Bad request。

终端发起重注册，由于终端原因，REGISTER 消息中未携带 Security Verify 头域，SBC 返回 500，原因值为 Server Internal Error。

终端发起 REGISTER，P-CSCF 通过 DNS 找到用户归属 I-CSCF，I-CSCF 发出 UAR 消息给 HSS 时，HSS 检查用户的开户数据，发现错误或 VoLTE 标识未定义而拒绝了本次注册，I-CSCF 返回 404，原因值为 Not Found。

终端发起 REGISTER，P-CSCF 通过 DNS 找到用户归属 I-CSCF，I-CSCF 发出 UAR 消息给 HSS 时，由于承载网传输问题导致 HSS 未返回 UAR，I-CSCF 返回 480，原因值为 Temporarily Not Available。



单选题

终端发起 REGISTER，网络回复 401，终端采用不同 IP 或不同 P-CSCF 发起新的注册，S-CSCF 回复 486，原因值是（ ）。

A. Roaming Restricted

B. Server Internal Error

C. Temporarily Not Available

D. Too many register in parallel

答案：D

解析：终端发起 REGISTER，网络回复 401，终端采用不同 IP 或不同 P-CSCF 发起新的注册，S-CSCF 回复 486，原因值是 Too many register in parallel。

9.9.3 VoLTE 注册优化思路

考 点 介 绍

VoLTE 注册优化思路。

端到端的注册定界需要根据流程逐段进行分析，需要各个网元联合处理。

1. 初始注册场景

初始注册场景优化思路如图 9-45 所示。

(1) 首先查看用户有没有发起 EPC 附着流程。如果没有，则进行终端分析，主要是查看终端是否关闭 4G 业务及终端是否支持 LTE。

(2) 查看用户有没有在 EPC 附着成功。如果没有，则进行 EPC 分析，主要查看用户鉴权数据、用户数据业务签约数据是否正常，用户鉴权是否成功，数据业务 QCI=9 的默认承载是否建立成功。

(3) 查看用户有没有发起 IMS APN 的 PDN 连接建立请求。如果没有，则要查看 ATTCH-ACCEPT 中 IMS OVER PS 是否是 SUPPORT，HSS 是否签约 C-MSISDN、STN-SR 数据，终端是否支持 SRVCC 能力；如果是，则要进行终端分析。

(4) 查看 QCI=5 默认承载有没有建立成功。如果没有，则进行 EPC 分析，主要查看 IMS APN 的签约数据、PGW 上关于 IMS APN 的数据。

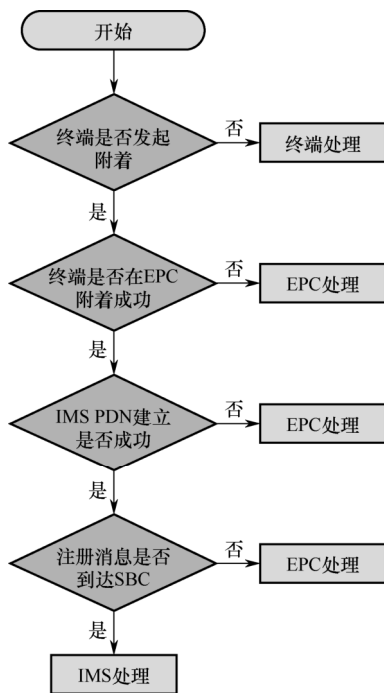


图 9-45 初始注册场景优化思路

(5) 查看用户是否向 IMS 发起了注册请求。如果没有，则进行终端分析。

(6) 查看 IMS 收到用户注册请求后，是否注册成功。如果没有，则检查 IMS-HSS 开户数据、DNS 数据、S 能力集签约数据是否正常，以及和终端交互流程是否正常。

2. 重注册场景

和初始注册场景基本相同，特别要关注 UE 向网络侧发出的 REGISTER 消息中，FRPN 头域的 IMPU 和 CONTACT 里的 UE IP 地址等信息。针对 REGISTER 之后的各个 SIP 流程，各个失败阶段同初始注册场景可分阶段分析。

备注：由于网络侧一般在重注册时不鉴权，重注册过程只有一次 REGISTER 过程。

3. 第三方注册场景

首先，查看用户在 HSS 中的 IFC 签约数据是标准 IFC 还是共享 IFC。若是共享 IFC 配置，则查看 S-CSCF 上共享 IFC 是否和 HSS 配置一致。若是标准 IFC 配置，则查看 HSS 签约是否正常，否则查看 S-CSCF 是否正常按照 IFC 配置数据触发第三方注册流程。

然后判断 AS 业务是否注册成功，若否，则查看用户业务签约数据是否正常、AS 和 HSS 链路是否正常、HSS 透明数据是否正常。



判断题

网络侧在重注册时必须鉴权。

()

答案：×

解析：网络侧一般在重注册时不鉴权，重注册过程只有一次 REGISTER 过程。



简答题

简述 VoLTE 用户跨省 TAU 后，网络侧通知 UE 更改 PGW 的原因。

解答：

沿袭移动用户呼叫当地 PSTN 号码不需要加区号拨打的习惯，如果 VoLTE 用户在跨省 TAU 之后不更改 PGW，则 VoLTE 用户依然注册在前一个省的 SBC 上，那全国 SBC 上都要制作全国 TAC 和区号的对应关系数据，为了简化 SBC 数据配置，要求 VoLTE 用户跨省 TAU 后网络侧通知 UE 更改 PGW，从而注册到拜访省的 SBC 上，拜访省 SBC 只需要制作本省 TAC 和区号的对应关系数据。

2. VoLTE 初始注册失败率高的优化思路。

解答：如正文所述。

9.10 VoLTE 接入类问题

9.10.1 VoLTE 接入成功率的定义

考 点 介 绍

VoLTE 接入成功率的定义。

普通场景下，VoLTE 业务接入过程仅涉及 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试和 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功两部分，分别如图 9-46 信令点的 A 和 B 所示，其中嵌套了 RRC 连接重配置流程。

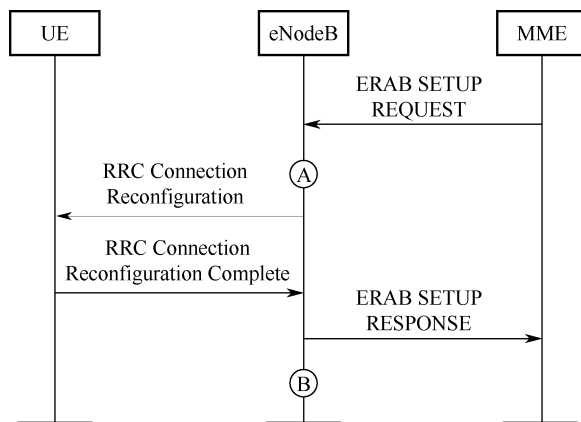


图 9-46 VoLTE 业务接入过程图

在 RRC 连接异常释放后，在重新建立的场景下，VoLTE 业务接入过程涉及 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试（初始上下文建立请求消息中还同时包含 QCI=5 和 9）和 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功两部分，分别如图 9-47 信令点的 A 和 B 所示，其中还嵌套了安全模式配置和 RRC 连接重配置的流程。

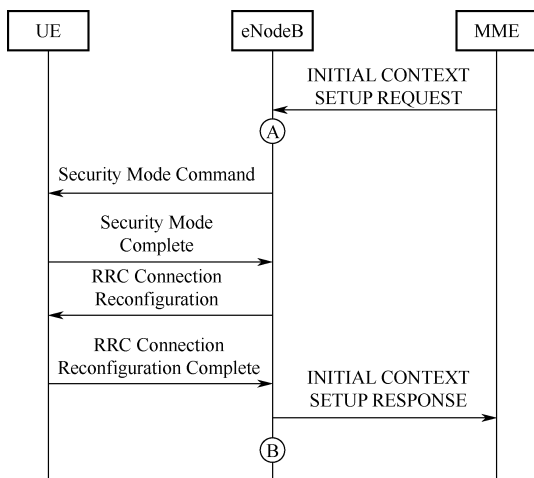


图 9-47 RRC 连接异常释放后重新建立时，VoLTE 业务接入流程图

VoLTE 业务接入成功率计算方法：

QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功次数/QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试次数
分别对应图 9-46 和图 9-47 的信令点 B 和 A。

VoLTE 业务接入失败次数计算方法：

QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试次数-QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功次数
分别对应图 9-46 和图 9-47 的信令点 A 和 B。



单选题

1. VoLTE 业务接入过程不包括下面哪个动作？（ ）

- A. QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试 B. QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功
C. RRC 连接重配置 D. Bearer resource allocation request

答案：D

解析：VoLTE 业务接入过程仅涉及 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立尝试和 QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功两部分，其中嵌套了 RRC 连接重配置的流程。Bearer resource allocation request 属于专用承载建立过程。

2. VoLTE 业务的呼叫信令流程一般指的是主被叫 UE 都处于（ ）态的空口及 S1 口信令流程（非 SIP）。

- A. RRC_DETACH B. RRC_CONNECTED
C. RRC_IDLE D. RRC_ATTACH

答案：C

解析：VoLTE 业务的呼叫信令流程一般指的是主被叫 UE 都处于空闲态时的空口及 S1 口信令流程（非 SIP）。这是最常见的呼叫应用场景。

3. 以下哪些场景会导致 VoLTE 用户做被叫时选到 CS 域？（ ）

- A. 寻呼不可及 B. 被叫用户的专用承载建立失败
C. 被叫忙 D. 被叫签约了呼叫前转业务

答案：AB

解析：被叫忙和呼叫前转业务时，被叫用户在 LTE 域是可达的，且针对此次呼叫过

程已经做出了准确的反应，不会选到 CS 域；而在寻呼不可及和被叫用户的专用承载建立失败时，在 LTE 域是不可达的，需要选到 CS 域上。

9.10.2 VoLTE 接入失败的原因

考点介绍

VoLTE 接入失败原因分析。

VoLTE 业务 ERAB 接入失败原因分析，如图 9-48 所示。

(1) MME 原因。这部分原因通常比较复杂，不能一概而论，建议通过 S1AP 信令跟踪进行有针对性的分析。

(2) 传输网络原因。该原因主要由于传输网络容量受限造成。

(3) 无线网络原因。这是最常见的失败原因，主要是由于小区无线资源受限和空口流程错误造成的。

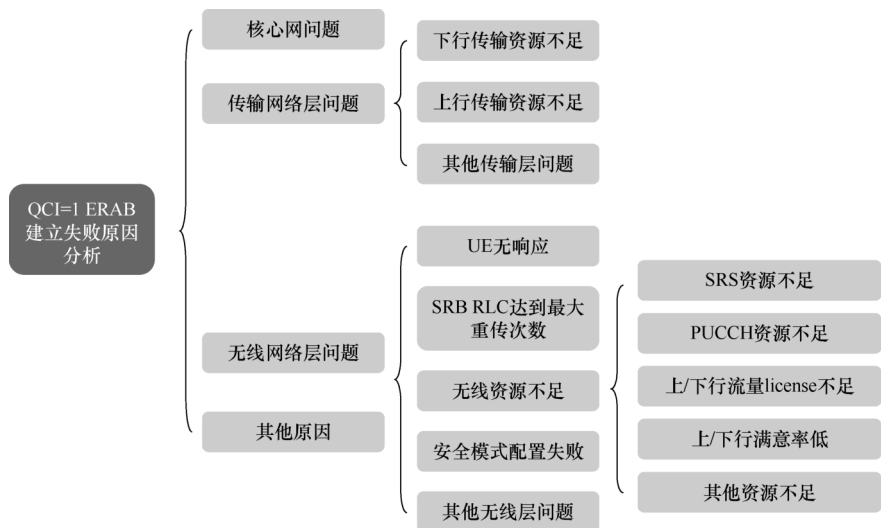


图 9-48 VoLTE 业务 ERAB 接入失败原因分析



判断题

话统指标中，核心网问题导致的语音业务 ERAB 异常释放是由于核心网参数配置不合理造成的。 ()

答案：×

解析：核心网异常释放也有可能是由于无线、终端等原因造成的定时器超时导致的。



简答题

简述 VoLTE 业务接入失败的原因。

解答：

(1) MME 原因。由 MME 下发命令终止 VoLTE 业务的 ERAB 建立过程，这部分原

(2) 传输网络原因。该原因主要是由于传输网络容量受限造成的。

(3) 无线网络原因。这是最常见的失败原因，主要由于小区无线资源受限造成，如 SRS 资源、PUCCH 资源等。由于无线信道质量差造成的空口流程错误造成，如 SRB 复位、Uu 接口无响应等。

9.10.3 VoLTE 优化思路

考点介绍

VoLTE 接入失败优化思路。

VoLTE 业务 ERAB 建立失败优化流程如图 9-49 所示。

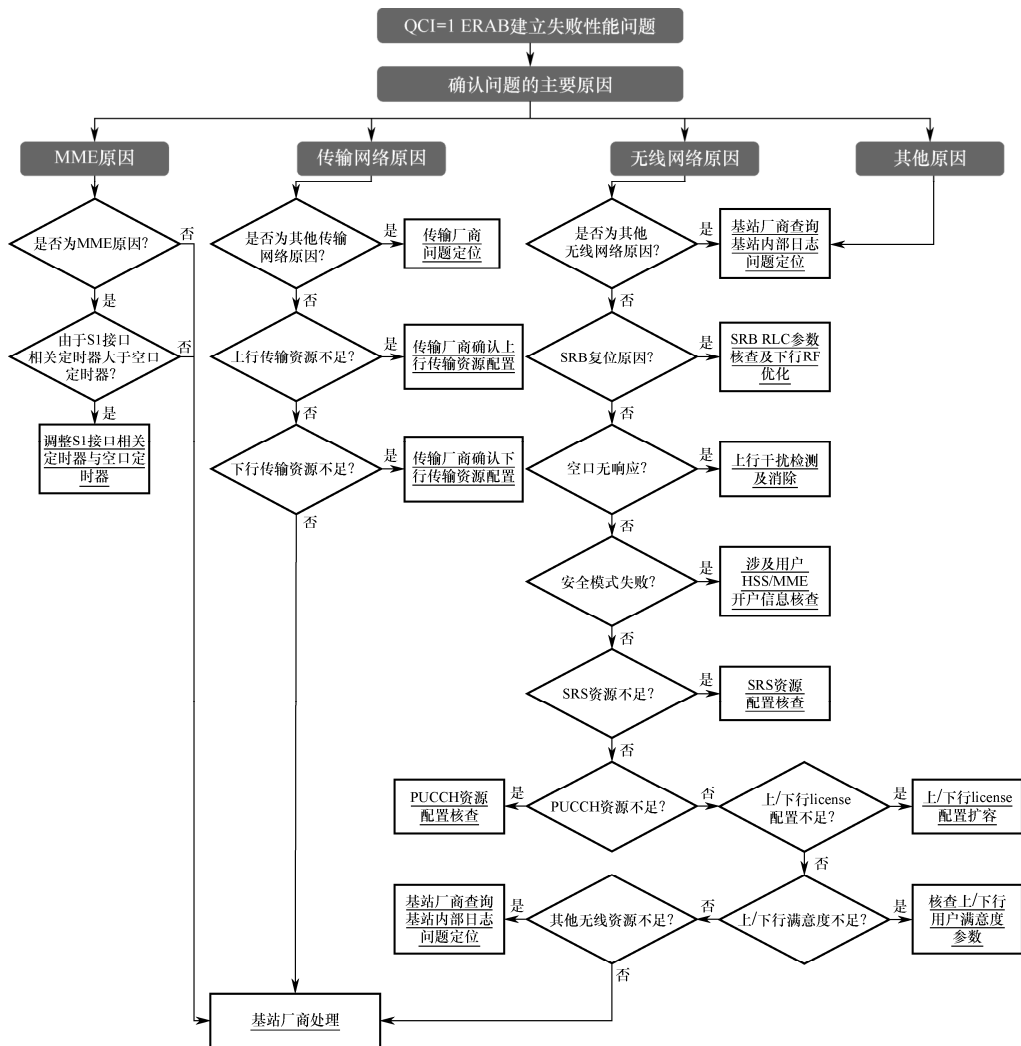


图 9-49 VoLTE 业务 ERAB 建立失败优化流程

(1) MME 原因。通过对 SIAP 信令跟踪, 分析 ERAB 建立失败时 MME 反馈的原因。

从以往的优化经验来看, 核心网在等待无线网络完成 RRC 连接重配置的时候, 定时器超时的情况较多。建议通过信令跟踪, 根据网络实际情况, 制订相应的优化方案。

(2) 传输网络原因。结合基站忙时、闲时业务实际情况, 合理制订传输扩容方案。

(3) 无线网络原因。安全模式失败, 由终端兼容性造成; 空口流程失败, 由无线接口质量差造成; SRB 复位原因, 倾向于下行质量差; Uu 无响应原因, 则更倾向于上行质量差 (上行干扰); 资源受限, 则需要根据实际情况分析受限的原因, 例如, SRS 资源、PUCCH 资源等, 再进行相关参数的调整优化。



简答题

简述 VoLTE 接入失败的优化思路。

解析: 见正文。

9.11 VoLTE 时延类问题

9.11.1 VoLTE 呼叫时延的定义

考 点 介 绍

VoLTE 呼叫时延的定义。

对于 RRC 空闲态用户的呼叫接续时延, 是指从第一条随机接入消息到终端接收到网络侧下发的 SIP 180 Ring 消息之间。

终端接收到上层 SIP Invite 消息要传输的请求, 首先发起 Service Request 流程, 而此时空口没有 SRB1, 将通过 RRC 连接建立请求到空口建立 RRC 连接; 随后 MME 指示基站建立 QCI=5 的默认承载, 此后 INVITE 消息才发给 IMS 网络, 按照 VoLTE 的接续流程, 直到接收到被叫侧的 180 消息, 主叫用户才能感知到被叫已经接通。

对于 RRC 连接态 VoLTE 用户的呼叫时延, 是从 Invite 消息到终端接收到网络侧下发的 SIP 180 Ringing 消息之间。

终端收到上层 SIP Invite 消息要传输的请求时, 由于已经存在 QCI=5 的默认承载, 则直接将 Invite 消息发给 IMS 网络侧, 后续过程同 RRC 空闲态用户。

1. 被叫呼叫时延

被叫在 RRC 空闲态时的时延主要是被叫寻呼时延, 如图 9-50 所示, 还包含 QCI=1 专用承载建立流程及 IMS 网络的各个 AS 业务触发时延, 尤其是 SCPAS 的处理时延。

2. 主叫呼叫时延

主叫呼叫时延如图 9-51 所示。

(1) 主叫呼叫时延包含主叫用户侧的时延, 同时包含被叫用户侧的时延。

(2) 主叫用户侧的时延包含空口建立过程、主叫专用承载建立过程、各个 AS 触发过程。

(3) 空闲态的 UE 比连接态多了终端入网流程, 导致 Invite 到 100Trying 之间时延增大。

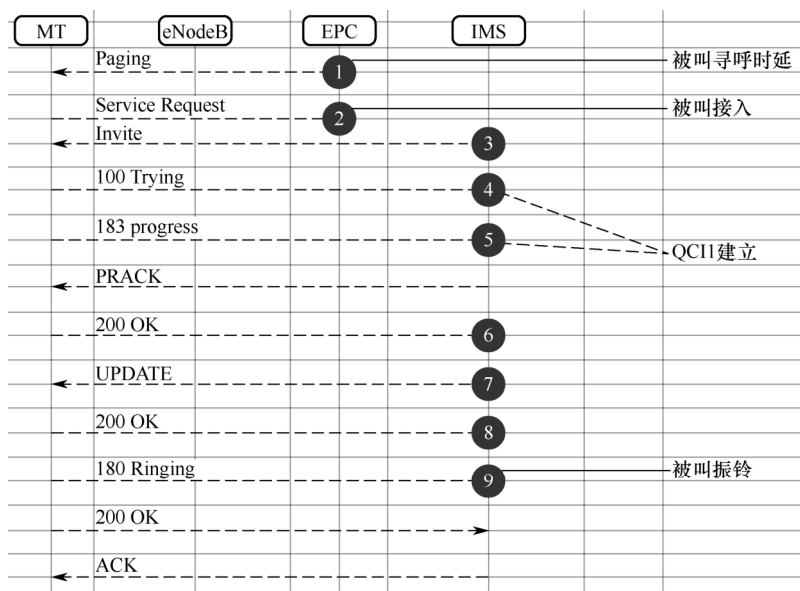


图 9-50 被叫呼叫时延示例

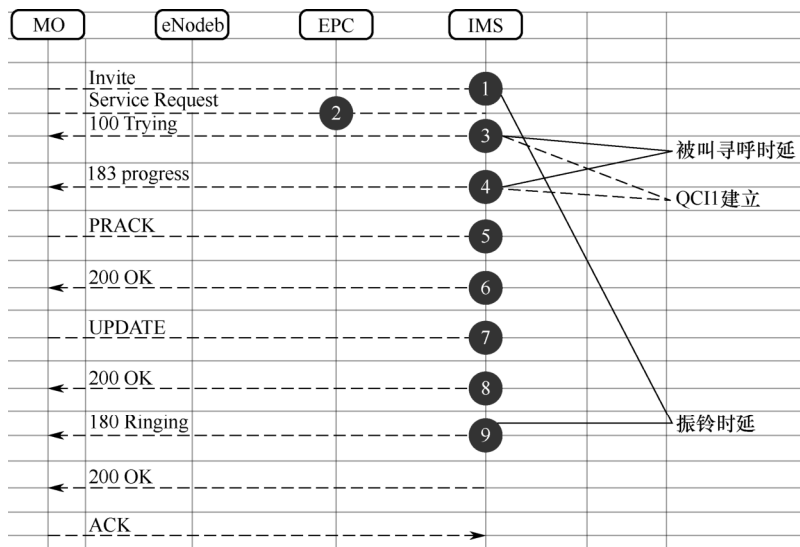


图 9-51 主叫呼叫时延示例



单选题

VoLTE 的呼叫时延截止点是哪条信令？（ ）

A. 200 OK

B. Invite

C. 180 Ringing

答案：C

解析：对于 RRC 空闲态的 VoLTE 用户呼叫接续时延，是从第一条随机接入消息到终端接收到网络侧下发的 SIP 180 Ringing 消息之间。对于 RRC 连接态的 VoLTE 用户呼叫时延，是从 Invite 消息到终端接收到网络侧下发的 SIP 180 Ringing 消息之间。

9.11.2 VoLTE 呼叫时延影响因素分析

考 点 介 绍

VoLTE 呼叫时延的影响因素。

VoLTE 呼叫时延的影响因素主要包括终端侧、无线侧、EPC 侧和 IMS 侧等。

1. 终端侧

(1) 拨打方法。

VoLTE 拨打 VoLTE 终端与 VoLTE 终端拨打非 VoLTE 终端场景相比，呼叫时延减少约 50%。

(2) 被叫终端状态。

如果被叫终端的数据业务状态处于空闲态，则进行 VoLTE 语音被叫时，将进行 RRC 重建，重新建立 QCI=5 和 QCI=9 的默认承载，导致呼叫时延增加；如果被叫终端处于数据业务连接态，则不再需要 RRC 重建，呼叫时延缩短 200~300ms。

2. 无线侧

(1) 空口质量。

空口质量问题包括弱覆盖、空口质差、上行干扰、信号快衰落等多种情况。空口质量差，可能引起终端 SIP 信令丢失，承载建立失败、被叫长时间寻呼过晚、被叫寻呼不到转 CSFB 呼叫引起的端到端时延过长，这些都会增加 VoLTE 呼叫建立时延。

(2) 上行缓存状态报告周期参数。

缓存状态报告周期参数设置不当，将影响上行调度效率，增加调度时延。

(3) eNodeB 调度算法。

TBS 大小限制设置问题，影响 SIP 消息传输效率，增加时延。

(4) 寻呼周期。

如果被叫 UE 处于 IDLE 状态，则在 S1 接口无连接，SGW 收到用户的下行数据包 (Invite 消息)，将在本地缓存，并且发送 Downlink Data Notification 消息，通知对应的 MME，MME 寻呼到 UE，UE 触发 Service Request 流程，激活 S1 接口和无线侧的 IMS 信令承载。SGW 再将下行数据包 (Invite 消息) 转给 UE，在实际外场测试时如图 9-52 所示，寻呼用了 1s 多，导致呼叫建立时延长。

Time	Messages	Type
18:05:13.050	↓ Paging	PCCH
18:05:14.329	↓ Paging	PCCH
18:05:15.610	↓ Paging	PCCH
18:05:15.610	↑ Service Request	EPS MM
18:05:15.610	↑ RRCConnectionRequest	UL_CCCH
18:05:15.610	↓ RRCConnectionSetup	DL_CCCH
18:05:15.610	↑ RRCConnectionSetupComplete	UL_DCCH
18:05:15.610	↓ DLInformationTransfer	DL_DCCH
18:05:15.610	↓ Authentication Request	EPS MM
18:05:16.019	↑ Authentication Response	EPS MM
18:05:16.019	↑ ULInformationTransfer	UL_DCCH
18:05:16.019	↓ DLInformationTransfer	DL_DCCH
18:05:16.019	↓ Security Mode Command	EPS MM
18:05:16.019	↑ Security Mode Complete	EPS MM
18:05:16.019	↑ ULInformationTransfer	UL_DCCH

图 9-52 寻呼带来的时延

3. EPC 侧

(1) 各个 AS 的处理时延。

SCP AS 和彩铃 AS 的处理时延是影响比较大的因素。

(2) MME 的寻呼策略。

寻呼策略设置不当, 导致二次寻呼, 增加寻呼时延。

4. IMS 侧

IMS 网元的 DNS 缓存能力配置不足, 影响 AS 网元寻址效率, 增加 DNS 查询时延。



判断题

1. 寻呼周期是无线侧对 VoLTE 呼叫接续时延影响最大的一个因素。 ()

答案: √

解析: 无线对于呼叫接续时延的影响因素还包含调度策略、用户数、PDCP 包大小等, 但不如寻呼周期参数对于呼叫时延影响大。

2. 小区高负荷会带来丢包、抖动、时延问题。 ()

答案: √

解析: 基站对于语音包的处理质量主要依赖于调度是否及时, 在高负荷时基站无法及时调度, 首先表现为时延、抖动问题, 再严重时表现为丢包问题。



简答题

简述 VoLTE 呼叫时延的影响因素。

解答:

- (1) 终端状态, 已经在连接态, 是否存在多余的 RRC 和 ERAB 过程。
- (2) 主、被叫是否签约智能业务。
- (3) SIP 流程差异, 是否有 183 资源预留。
- (4) ONE STAGE / TWO STAGE 差异, 少两对 SIP 流程。
- (5) 早振铃、晚振铃, 先 180 再建立 QCI1。
- (6) 被叫是否有彩铃业务。
- (7) 空口质量好, 避免 QCI5 重发包; 空口质量差, 导致丢包、抖动和时延。
- (8) 寻呼周期、优先级、DRX 等参数。
- (9) 其他设备、故障告警等。

9.11.3 VoLTE 优化思路和方法

考点介绍

VoLTE 呼叫时延端到端优化思路。

VoLTE 呼叫时延牵涉端到端流程, 包含终端、空口、EPC、IMS。由于涉及的网元

比较多，尽量借助外置的信令监测平台进行各阶段的时延统计。跟踪信令对比时延问题发生在哪一段，如图 9-53 所示。

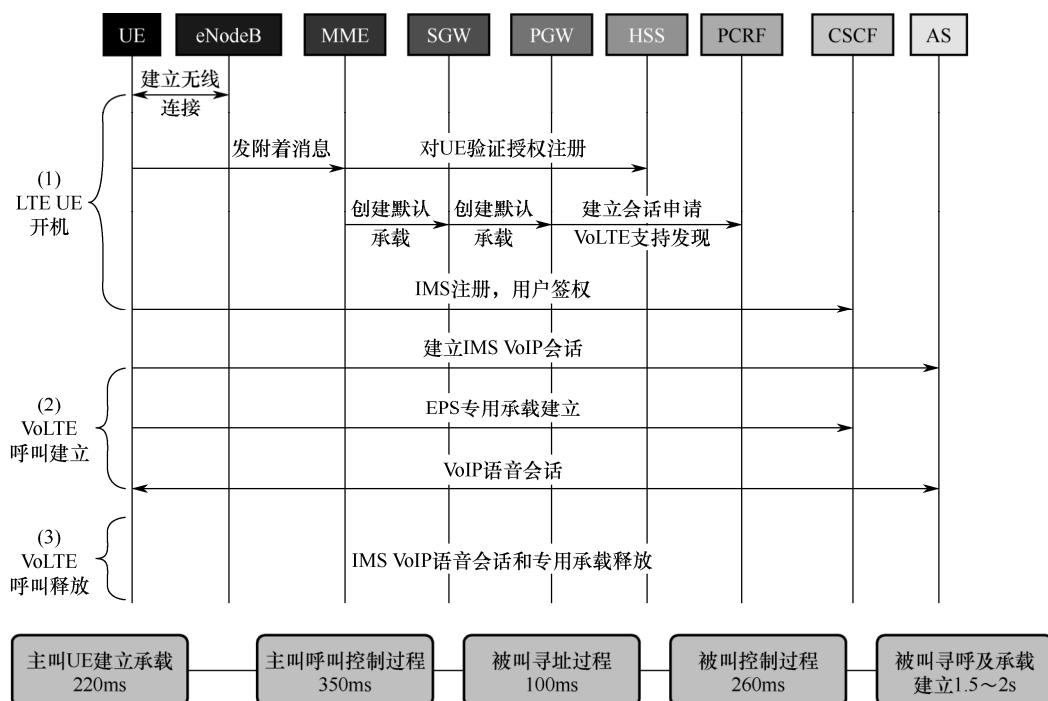


图 9-53 VoLTE 端到端时延分析

下面是分段优化思路（终端侧优化机制不在此范围内）。

1. 核心侧

可以从以下 3 个维度进行时延统计，定位时延过长主要在哪个流程。针对透传时延的问题，需要定位到具体网元进行优化；针对业务触发导致的时延过长的的问题，可以在业务允许的情况下，进行业务触发规则优化；针对承载建立时延的问题，需要联合 IMS、PCRF、EPC、基站进行优化。

(1) 消息透传时延维度。

VoLTE2VoLTE 端到端 Invite 透传时延_SBCa2SCSCFb (ms)。

VoLTE2VoLTE 端到端 Invite 透传时延_SCSCFb2SBCb (ms)。

VoLTE2VoLTE 被叫 180 响应时延 (ms)。

VoLTE2VoLTE 端到端 180 透传时延_SBCb2SCSCFb (ms)。

VoLTE2VoLTE 端到端 180 透传时延_SCSCFb2SBCa (ms)。

VoLTE2VoLTE 被叫彩铃 AS 透传 180 时延 (ms)。

(2) 业务触发时延维度。

VoLTE2VoLTE 主叫 SCP AS 触发时延 (ms)

VoLTE2VoLTE 主叫 SCC AS 触发时延 (ms)

VoLTE2VoLTE 被叫 SCC AS 触发时延 (ms)

VoLTE2VoLTE 被叫 SCP AS 触发时延 (ms)

VoLTE2VoLTE 被叫彩铃 AS 触发时延 (ms)

(3) 承载建立时延维度。

VoLTE 主叫专用承载建立时延 (ms)

VoLTE 被叫专用承载建立时延 (ms)

2. 无线侧

无线侧时延优化思路如图 9-54 所示, 需要辅助对基站侧详细用户消息的跟踪进行分析, 确定是否是网络结构、干扰、参数配置、终端等问题。

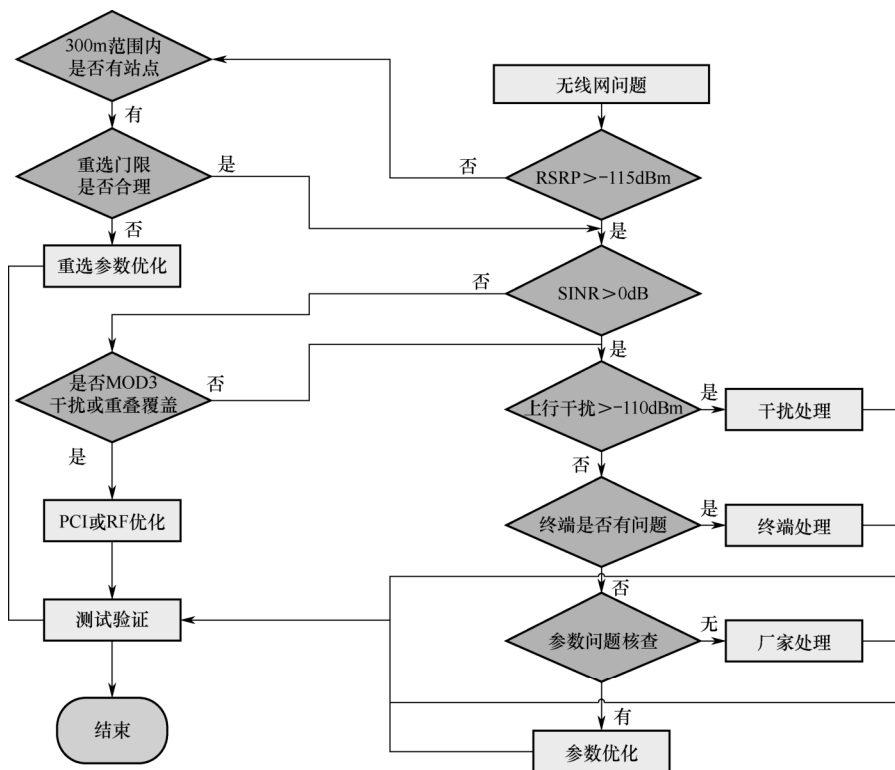


图 9-54 无线侧时延优化思路

3. 其他时延优化

(1) Diameter 转发时延优化。

关闭 ATS、CSCF、SBC、HSS、MME、SAE-GW、PCRF、DRA 的 Diameter 的 SCTP 绑定功能, 可以避免 Diameter 消息的转发缓冲时延, 节省时延 150~1 500ms。

(2) 开启单域注册功能。

采用单域注册方案, 融合 HSS 只需要根据是否存在 2G/3G 的信息, 即可判定被叫用户是在 LTE 网络还是在 2G/3G 网络下, 无须向 SGSN 下发 T-ADS Request, 从而节省呼叫接续时延, 节省时延 300~500ms。

(3) CS Retry 定时器优化。

一般有 2%左右的呼叫会发生 CS Retry, 适当缩短 CS Retry 定时器, 可以缩短 CS Retry 呼叫时延, 节省时延 50~100ms。

(4) 关闭 Precondition 功能。

Precondition 流程比非 Precondition 流程增加了 PRACK 和 UPDATE 消息的交互时间, 从而增加了呼叫时延, 约节省时延 900ms。

(5) SBC 订阅优化。

专用承载建立过程中, 如果在 SBC 上开启“接入位置信息上报事件、媒体承载话务资源预留成功/失败事件、PS 计费信息事件、接入网类型等”功能, 会导致 SBC (P-CSCF) 多次 Modify 交互来修改承载资源信息, 节省时延 500~1 000ms。

一般 SBC 的 Rx 接口订阅的原则如下:

- ① 必须订阅承载事件。
- ② 对于 SBC 只管一个区号的区域, 可以不订阅位置信息。
- ③ 其他事件暂时不需要订阅, 不影响业务。

(6) IP 承载网及 PTN 网络丢包优化。

IP 承载网丢包会导致 SCTP 层消息的重传; 每重传一次会引入 0.5~1s 的时延。对承载网或 PTN 网络进行丢包, 约节省时延 120ms。



简答题

1. VoLTE 呼叫时延端到端优化思路。

解答: 见正文。

2. 简述网络侧开通 VoLTE 功能, 用户自己未打开 VoLTE 功能, 用户的被叫时延影响原理。

解答:

当 CS 域用户呼叫此类用户的时候, 需要先从 CS 域锚定回 IMS 域, 在 IMS 域的 SCCAS 进行被叫用户域选时, 发现用户未注册 IMS 业务而域选到 CS 域, 从而又将会话送回 CS 域, 从而导致接续时延较长。

9.12 VoLTE MOS 值低的问题

9.12.1 VoLTE MOS 值低的原因分析

考点介绍

VoLTE MOS 值低的主要原因。

现网 MOS 值低的主要原因如表 9-11 所示。

表 9-11 现网 MOS 值低的主要原因

因素	语音编码		RTP 丢包 (空口)							时延	抖动
原因	eSRVCC	CSFB	切换 延迟	频繁 切换	小区高 负荷	上行 干扰	下行 质差	RRC 重建	上行接 入受限	端到端 时延	小区 重载

1. 语音编码

VoLTE 业务的话务分为 Volte-Volte、Volte-CS、CS-Volte 三种（简称 V-V、V-C、C-V），编/解码分别是宽带 AMR、窄带 AMR、窄带 AMR。其中，CS 包含 VoLTE 用户的 CSFB 场景。

从表 9-12 的一组测试数据可以看到宽带 AMR 比窄带 AMR 的 MOS 数值大 1 左右，编/解码对于 MOS 值的影响最大。

表 9-12 MOS 值测试数据

序 号	主叫号码	被叫号码	RTP 承载类型	上行 MOS 均值	下行 MOS 均值
1	13 900 000 000	783	AMR_WB	4.349	4.349
2	13 900 000 000	69 921	AMR_WB	4.3 489	4.3 489
3	13 900 000 000	783	AMR_WB	4.3 489	4.3 489
4	13 900 000 000	69 816	AMR_WB	4.344	3.8 306
5	13 900 000 000	69 766	AMR_WB	4.349	3.65
6	13 900 000 000	69 054	AMR_WB	4.349	3.65
7	13 900 000 000	783	AMR	3.219	3.219
8	13 900 000 000	69 070	AMR	3.219	3.219
9	13 900 000 000	69 070	AMR	3.219	3.219
10	13 900 000 000	15 300 000 000	AMR	3.219	2.463
11	13 900 000 000	15 300 000 000	AMR	3.219	2.463
12	13 900 000 000	69 083	AMR	3.219	2.463
13	13 900 000 000	15 300 000 000	AMR	3.219	2.463
14	13 900 000 000	69 889	AMR	3.1 368	2.4 433
15	13 900 000 000	69 070	AMR	3.2 158	2.4 368
16	13 900 000 000	69 889	AMR	3.1 312	2.4 249

编/解码选择窄带 AMR 的原因一般有以下几点：

- （1）主叫 VoLTE 用户 LTE 信号不好，主动选网到 CS 域。
- （2）由于网络原因，导致主叫 VoLTE 用户做 CSFB 主叫。
- （3）由于被叫 VoLTE 用户的 LTE 信号不好，被叫主动选网到 CS 域。
- （4）由于被叫 VoLTE 用户未主动注册 IMS，而选网到 CS 域。

为了提升 VoLTE 用户的语音 MOS 值，首先做好 LTE 的覆盖工作；另外，针对被叫 VoLTE 用户未主动注册 IMS 的问题，需要跟踪分析，以确定是用户主动行为还是用户误操作原因。

2. 空口丢包

空口丢包的主要原因是切换延迟、频繁切换。对于切换延迟问题，需要根据现场无线环境适时调整相关切换参数；对于频繁切换问题需要优化网络结构。

3. 时延和抖动

时延和抖动的主要原因是基站负荷过大，导致调度不及时。



多选题

VoLTE 的 MOS 值低的比例较高，可能的原因有（ ）。

A. 语音编码问题 B. 空口丢包 C. 时延抖动 D. 小区高负荷

答案：ABCD

解答：语音编码问题、空口丢包、时延抖动、小区高负荷等均可以导致现网 MOS 差。



简答题

简述 VoLTE 用户呼叫业务选择窄带 AMR 编码的原因。

解答：

首先，VoLTE 主叫用户会在试呼消息中，带上主叫侧支持的 AMR_WB、AMR_NB 等各个编/解码给被叫侧。被叫侧会根据自己支持的编/解码与主叫侧带过来的编/解码参数取交集，然后将取交集后的编/解码通过响应信令告诉主叫侧。这样就完成了一次呼叫的编/解码选择。

当前由于还存在较大数量的非 VoLTE 用户，当 VoLTE 用户呼叫非 VoLTE 用户时，主叫侧支持 AMR_WB、AMR_NB 等编/解码，但非 VoLTE 用户还处在 CS 域，不支持 AMR_WB，只支持 AMR_NB 等编/解码，所以通过被叫取交集后，只能选择窄带 AMR 编/解码。

9.12.2 优化思路和方法

考 点 介 绍

VoLTE MOS 值低的提升思路。

1. MOS 值低问题分析

按照影响语音 MOS 的重要性顺序依次进行分析，如图 9-55 所示。

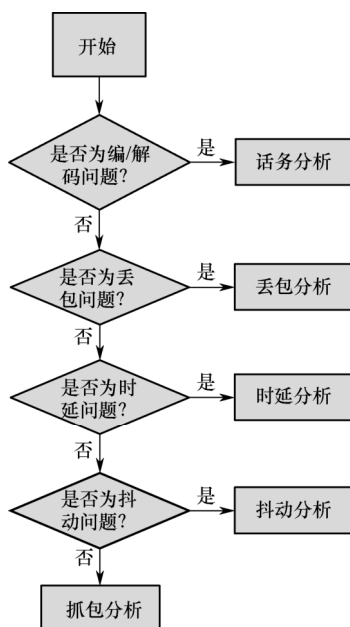


图 9-55 MOS 值低提升分析思路

- (1) 利用信令监测平台, 了解语音 MOS 差的各个因素占比分布情况。
- (2) 针对语音编码问题, 需要结合信令数据, 分析是否为 VoLTE 用户做 CSFB 业务, 特别需要分析的是核心侧还是无线侧导致 VoLTE 用户进行了 CSFB 业务。
- (3) 针对丢包问题, 需要结合信令数据和无线空口质量数据分析, 是切换过迟、切换频繁、小区负荷高, 还是无线空口信号质量问题。
- (4) 针对时延和抖动, 需要抓包具体分析。

2. MOS 值低的提升方法建议

根据 MOS 值低的原因分析, 采取相应的解决措施, 如图 9-56 所示。



图 9-56 VoLTE MOS 值低的原因分析及解决措施



简答题

1. 如何减小抖动对 VoIP 业务的影响?

解答:

目前比较常用的方法就是在接收端设置抖动缓存。在收到语音数据包后立即进行播放, 而是暂时保存在缓存中。等到预定时间到时, 再将缓存的数据包进行播放。

但设置的等待时间也不是越长越好, 等待时间越长, 语音包的时延也会越长。因此, 要在抖动等待时间与语音时延中取平衡点。

2. 简述 MOS 值提升的思路和方法。

解答: 见正文。

9.13 VoLTE 掉线类问题

9.13.1 VoLTE 掉线类问题概述

考点介绍

几种 VoLTE 掉线场景。

目前，业界对于 VoLTE 的掉线问题分为以下 4 类场景。

(1) 场景 1: eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放，如图 9-57 信令点 A 所示，基站感知到 S1 链路故障需要复位导致的 VoLTE 业务掉线。

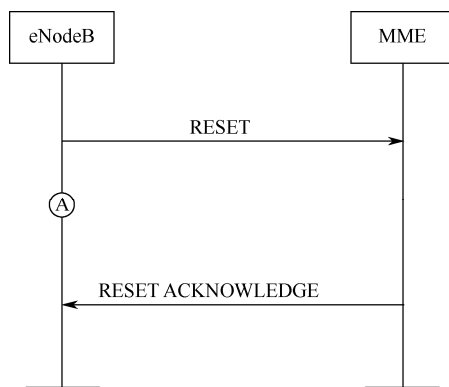


图 9-57 eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 ERAB 异常释放

(2) 场景 2: eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放，如图 9-58 信令点 A 所示，由基站主动发起的用户上下文释放导致的 VoLTE 业务掉线。

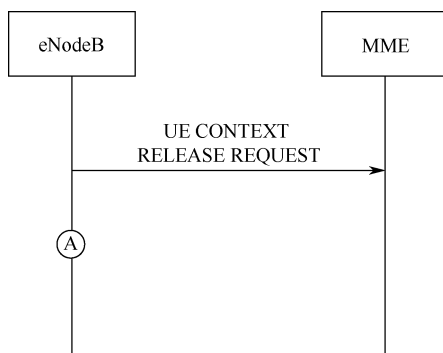


图 9-58 eNodeB 主动发起的用户上下文释放

(3) 场景 3: 切出 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放，如图 9-59 信令点 B 所示，由于切换目标基站不支持 QCI 为 1，从而导致 VoLTE 掉线。

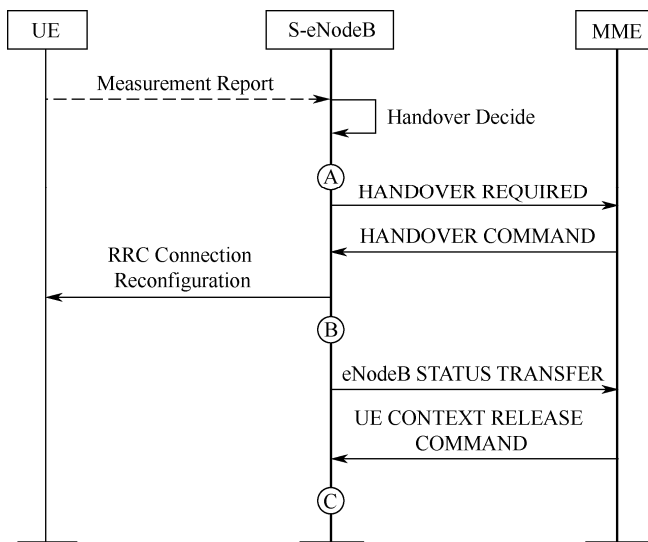


图 9-59 目标基站不支持 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放

(4) 场景 4: 核心网问题导致的 VoLTE ERAB 异常释放, 如图 9-60 信令点 A 所示, 由核心网主动发起的用户上下文释放导致的 VoLTE 掉线。

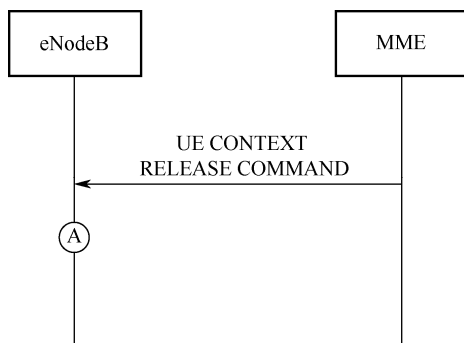


图 9-60 核心网主动发起的用户上下文释放

VoLTE 业务掉线次数是上述 4 类掉线场景异常释放次数的总和, 包括 eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放、eNodeB 触发的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放、切出 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放、核心网问题导致的 ERAB 异常释放次数。

VoLTE 业务掉线率计算方法:

VoLTE 业务掉线次数/QCI 为 1 的业务 ERAB 建立成功次数



单选题

下面哪个描述不是导致 VoLTE 掉线的原因? ()

- A. eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放
- B. eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放

C. 终端发起 REGISTER

D. 核心网问题导致的 ERAB 异常释放

答案：C

解析：终端发起 REGISTER 是注册类的问题，不属于掉线的范畴。

9.13.2 VoLTE 业务掉线的原因

考 点 介 绍

VoLTE 业务掉线的原因。

VoLTE 业务掉线的原因如图 9-61 所示。

(1) eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放。主要是由于 S1 链路出现故障，基站需要复位 S1 链路，从而导致 VoLTE 掉线。

(2) eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放。由于无线信道质量差，造成切换执行失败、上行弱覆盖、上行同步失败、SRB 复位、Uu 无响应等多种异常流程。

(3) 切出 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放。一个 VoLTE 用户往往被配置了 3 个无线承载，在切换准备过程中，源基站将这 3 个无线承载的信息传递给目标基站，然而由于切换目标基站不支持 QCI1，所以源基站只能释放 QCI1 承载，从而导致 VoLTE 掉线，其余两个无线承载 QCI5、QCI9 成功切换至目标基站。

(4) 核心网问题导致的 VoLTE 的 ERAB 异常释放。首先查明核心网主动释放用户上下文的原因。3GPP 36.413 中，关于核心网主动释放用户上下文的条件为：当 MME 检测到一个已经建立 S1 链接的用户（以 S-TMSI 标识）时，再次尝试向 MME 申请建立新的 S1 链接，MME 将释放原先建立的用户上下文。

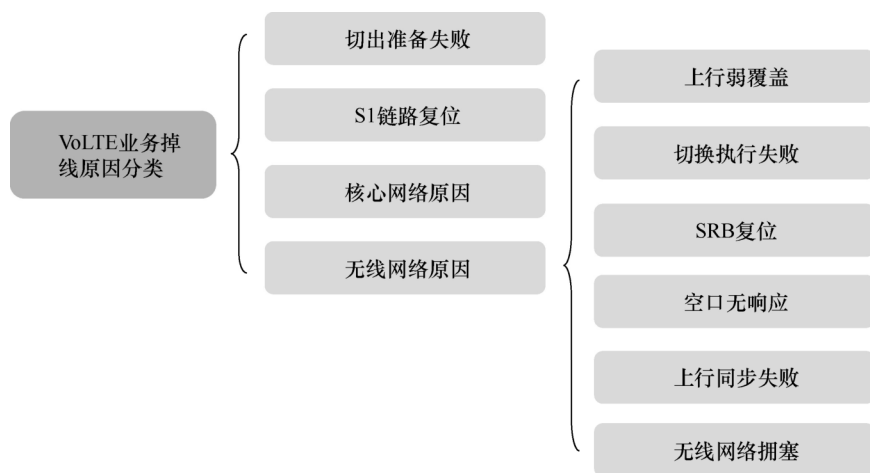


图 9-61 VoLTE 业务掉线的原因分类



单选题

以下哪个因素不会造成基站发起用户上下文异常释放导致 VoLTE 业务掉线？（ ）

- A. 上行高干扰
- B. 无线链路重建立（RRC Reestablishment）
- C. 切换执行失败
- D. 上行同步失败

答案：B

解析：上行失步、RLC SRB 重传、切换执行、空口无响应等多个定时器的超时，会造成基站发起用户上下文异常释放，导致 VoLTE 业务掉线。但是 RRC Reestablishment 可以通过 X2 接口或基站内部进行信息交互，将用户上下文成功传递至重建目标小区。



简答题

简述 VoLTE 业务掉线的原因分类。

解答：

目前，业界对于 VoLTE 业务的掉线问题定义为以下 4 类场景：

（1）eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放。主要由于 S1 链路出现故障，基站需要复位 S1 链路导致的 VoLTE 业务掉线。

（2）eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放。由于无线信道质量差而造成切换执行失败、上行弱覆盖、上行同步失败、SRB 复位、Uu 无响应等多种异常流程，基站主动发起的用户上下文释放导致的 VoLTE 业务掉线。

（3）切换出 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放。一个 VoLTE 用户往往被配置了 3 个无线承载，在切换准备过程中源基站将这 3 个无线承载的信息传递给目标基站，然而由于切换目标基站不支持 QCI1，故源基站只能释放 QCI1 承载导致的 VoLTE 业务掉线。

（4）核心网问题导致的语音业务 ERAB 异常释放。

9.13.3 VoLTE 业务掉线的优化思路和方法

考 点 介 绍

VoLTE 业务掉线的优化思路 and 流程。

VoLTE 业务掉线的优化流程如图 9-62 所示。

优化思路：

（1）eNodeB 发起的 S1 RESET 导致的 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放，主要由于 S1 链路出现故障，需提交基站厂商和传输厂商共同定位处理。

（2）eNodeB 触发的 QCI 为 1 的业务 ERAB 异常释放，由于无线信道质量差，需要进行基站上行干扰排查、RF 优化或增加新的基站。

（3）切出 QCI 为 1 的 ERAB 异常释放，首先检查切换目标基站是否已经打开 VoLTE/VoIP 功能开关，其次通过对 Top 基站的信令跟踪（S1AP-Handover Required 和 Handover Command）获取切换目标网元不能支持 QCI1 的原因，再制订相应的优化方案，这种情况往往出现在跨 MME 厂商的边界区域。

(4) 核心网问题导致的 VoLTE ERAB 异常释放, 从现网的优化经验看, 其根本原因是终端遭遇到短暂的无线网络问题, 需要进行小区间重叠覆盖优化及重选、切换参数的优化。

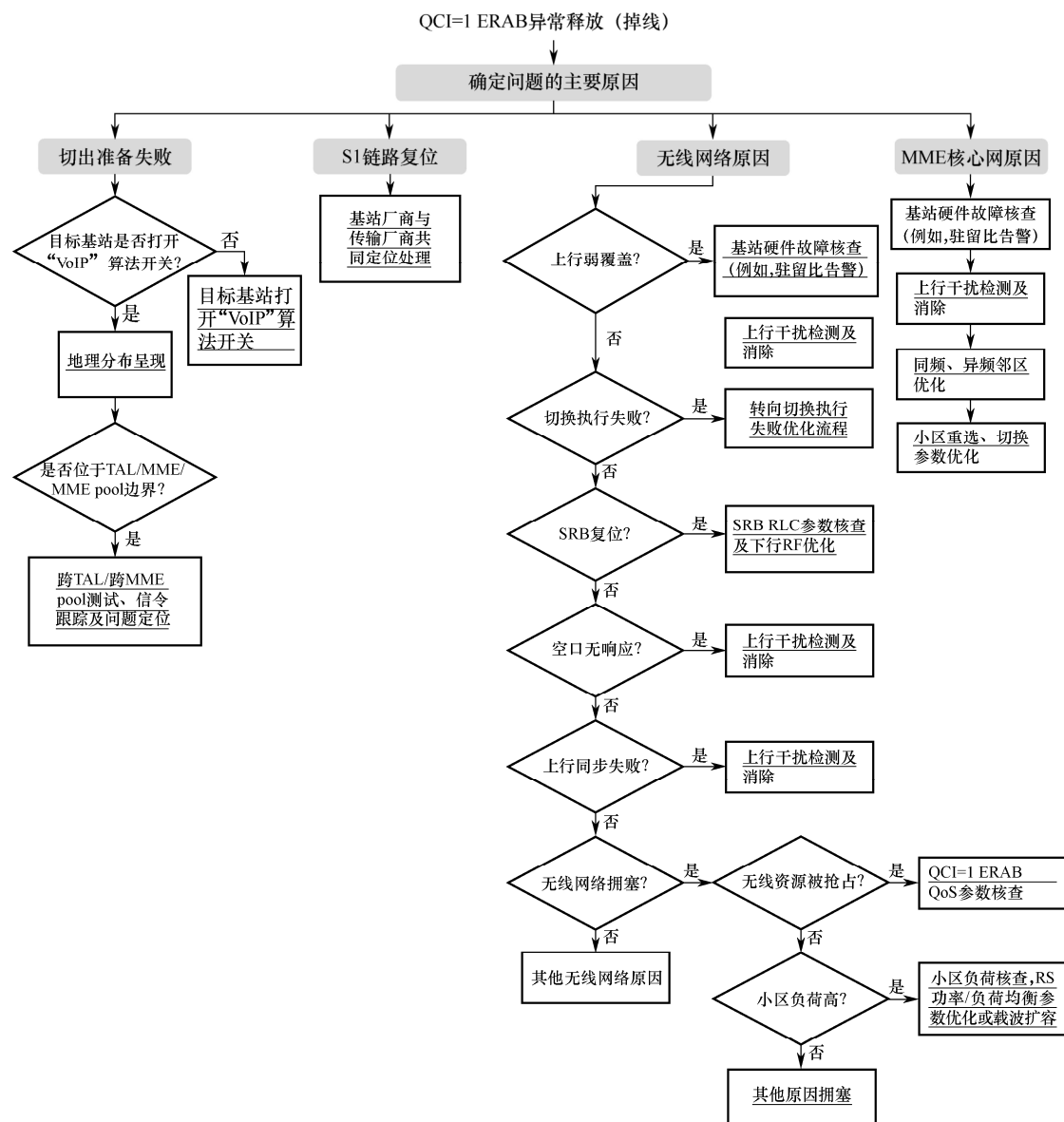


图 9-62 VoLTE 业务掉线的优化流程



简答题

简述 VoLTE 掉线问题的处理思路。

解析: 见正文。

9.14 VoLTE eSRVCC 问题

9.14.1 VoLTE eSRVCC 问题概述

考 点 介 绍

VoLTE eSRVCC 成功率定义。

VoLTE eSRVCC 的优化问题包含两部分：eSRVCC 准备问题和 eSRVCC 执行问题。

从 LTE 通过 eSRVCC 切换的目标无线接入网络可以是 GSM、WCDMA、TD-SCDMA 三种制式中的任何一种。这里仅介绍向 GSM (GERAN) 网络切换的 eSRVCC 问题的优化方法。

eSRVCC 成功率的计算方法：

$$\begin{aligned} \text{eSRVCC 成功率} &= \text{eSRVCC 准备成功率} \times \text{eSRVCC 执行成功率} \\ &= \frac{\text{eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 成功次数}}{\text{eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试次数}} \end{aligned}$$

eSRVCC 过程涉及 eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试、eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行和 eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 成功三部分，分别如图 9-63 信令点的 A、B 和 C 所示。

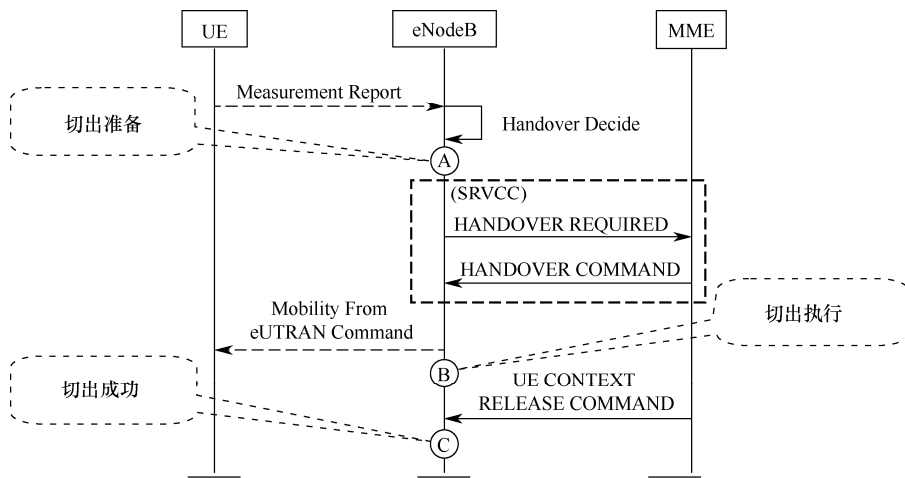


图 9-63 eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 流程图

(1) eSRVCC 准备成功率计算方法：

eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行次数/eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试次数

分别对应图 9-63 所示的信令点 B 和 A。

(2) eSRVCC 准备失败次数计算方法：

eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试次数-eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC

执行次数

分别对应图 9-63 所示的信令点 A 和 B。

(3) eSRVCC 执行成功率计算方法:

eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 成功次数/eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行次数

分别对应图 9-63 所示的信令点 C 和 B。

(4) eSRVCC 执行失败次数计算方法:

eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行次数-eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 成功次数

分别对应图 9-63 所示的信令点 B 和 C。



多选题

eSRVCC 的过程包括哪些部分? ()

- A. eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试
- B. Paging 过程
- C. eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行
- D. eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 完成

答案: ACD

解析: eSRVCC 过程涉及 eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 尝试、eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 执行和 eUTRAN 向 GERAN 切出的 SRVCC 成功三部分。Paging 属于寻呼过程,终端被叫接入过程中有这个过程,而终端在连接态的 eSRVCC 过程中不会有寻呼过程。

9.14.2 VoLTE eSRVCC 失败原因分析

考 点 介 绍

VoLTE eSRVCC 准备过程的失败原因分析。

VoLTE eSRVCC 执行过程的失败原因分析。

1. eSRVCC 准备过程的失败原因分析

eSRVCC 准备过程的失败原因分类,如图 9-64 所示。

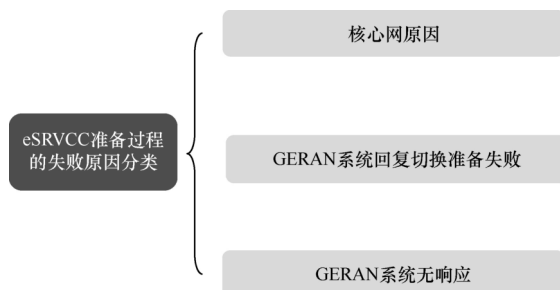


图 9-64 eSRVCC 准备过程的失败原因分类

eSRVCC 准备过程失败分析如下：

(1) 核心网原因导致 eUTRAN 到 GERAN 的切出准备失败，流程如图 9-65 所示。主要原因是 MME 网元配置 GERAN 端信息错误。

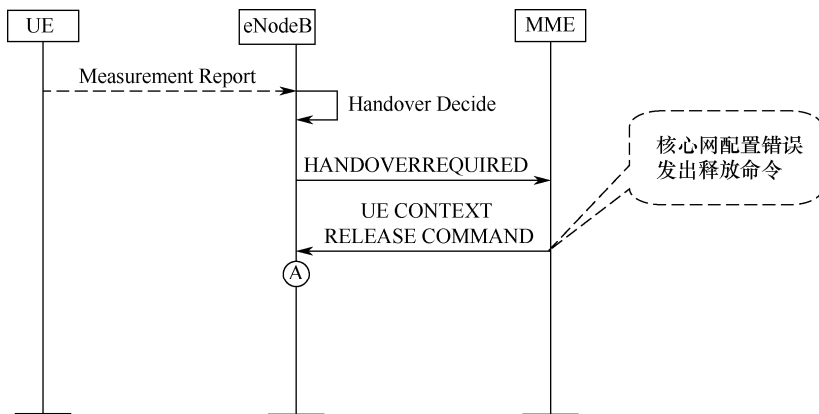


图 9-65 核心网原因导致 eUTRAN 到 GERAN 的切出准备失败流程图

(2) GERAN 系统无响应，导致切出准备失败。主要原因可以是由于 MME 至 GERANMSC 的传输网络丢包或者 MSC 负荷过高。

(3) GERAN 系统回复切换准备失败而导致的切出准备失败，流程如图 9-66 所示。主要原因是 MME 接收到来自 GERAN 端反馈的错误信息。

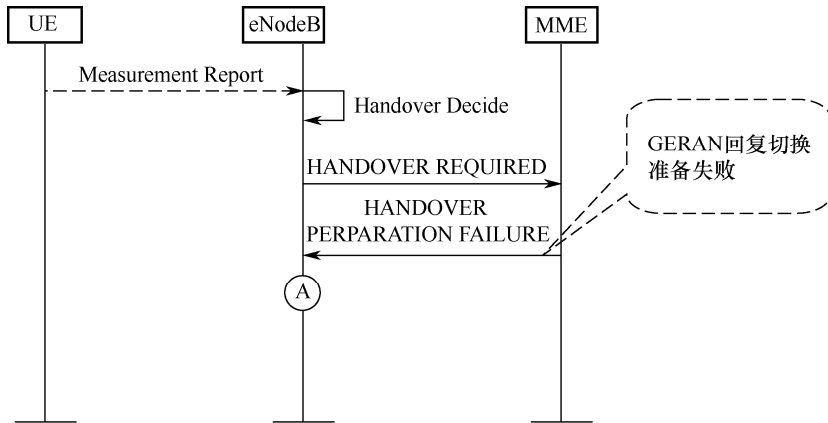


图 9-66 GERAN 系统回复切换准备失败而导致的切出准备失败流程图

2. eSRVCC 执行过程的失败原因分析

eSRVCC 执行过程的失败原因分析如下：

(1) eSRVCC 参数配置不合理。

A2 门限过低，终端在极端低电平的情况下才进入 GAP 模式进行异系统测量；或者 B2 门限过高，终端长时间无法满足异系统测量上报条件，最终导致终端掉线。

(2) GERAN 异系统邻区漏配，终端无法切换至合适的异系统 GERAN 小区。

(3) GERAN 目标小区设备告警，接入能力下降。



单选题

以下因素中哪些不会造成 eSRVCC 准备失败？（ ）

- A. 基站传输链路丢包 B. 异系统外部邻区定义错误
C. GERAN 邻区拥塞 D. 上行干扰

答案：D

解析：eSRVCC 准备失败的原因一般与空口的质量无关。

9.14.3 VoLTE eSRVCC 优化思路

考点介绍

VoLTE eSRVCC 准备失败优化思路。

VoLTE eSRVCC 执行失败优化思路。

eSRVCC 成功率优化流程如图 9-67 所示。

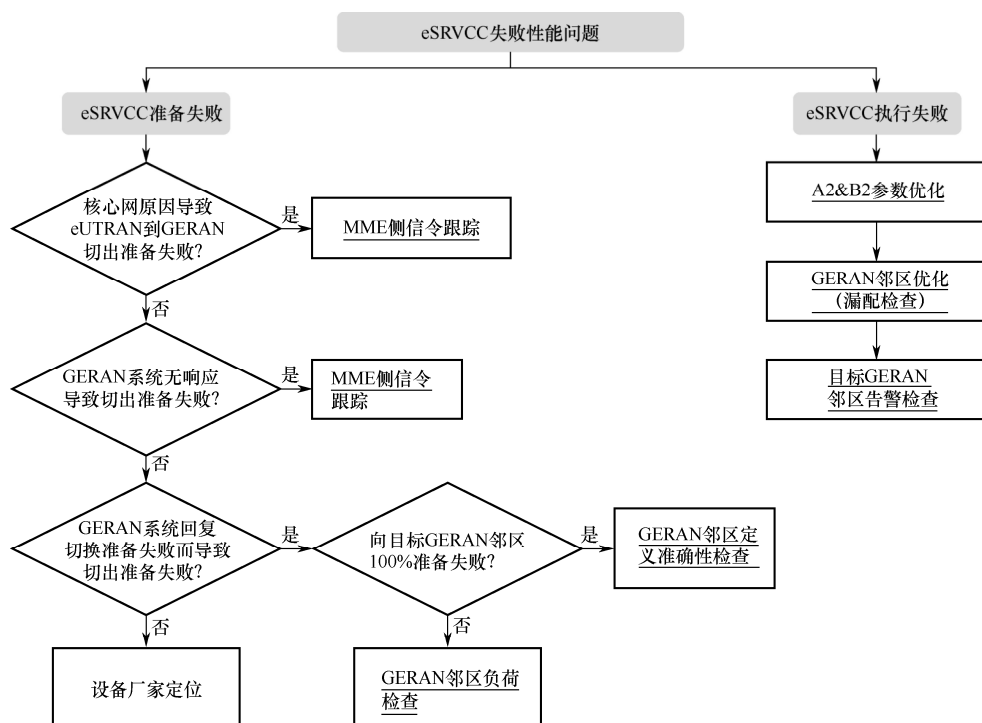


图 9-67 eSRVCC 成功率优化流程

eSRVCC 成功率的优化需要明确失败过程是由于准备阶段还是执行阶段造成的。准备阶段的优化手段参考图 9-67 左半部分，执行阶段的优化手段参考图 9-67 右半部分。

1. eSRVCC 准备阶段的优化思路

(1) 核心网原因导致 eUTRAN 到 GERAN 的切出准备失败。进行 S1AP 消息跟踪，

需要明确 MME 下发 UE Context Release Command 中携带的具体原因值。根据以往的优化经验,可能的原因是 MME 网元未配置 GERAN LAC 信息,或者 MME 网元配置错误的 GERAN LAC 信息,使 MME 无法路由至目标 GERAN 网络。

(2) GERAN 系统无响应导致切出准备失败。进行 S1AP 消息跟踪,使用 Ping 检测传输网络的丢包情况。

(3) GERAN 系统回复切换准备失败而导致切出准备失败。首先判断向某个 GERAN 邻区的准备失败是否为 100%,如果是 100%,则优先考虑异系统外部小区定义错误(尤其是 CI 信息);如果不是 100%,则可能是由于目标 GERAN 小区拥塞造成的。

2. eSRVCC 执行阶段的优化思路

(1) 对 eSRVCC 相关参数进行优化。一般而言,eSRVCC 的 A2 门限值不应该低于 -116dBm, B2 门限值控制在 -95~-90dBm 之间,过高或过低的 B2 门限值都将会导致 eSRVCC 执行失败。

(2) 由于异系统邻区漏配导致无法切换执行失败,增加适当的异系统邻区。

(3) 如果对端 GERAN 邻区存在硬件设备告警,造成小区接入能力下降,则需要对 GERAN 小区的硬件排障工作。



简答题

1. 简述 eSRVCC 准备流程失败的优化思路。说出两点即可。

解答:

(1) 核心网原因导致 eUTRAN 到 GERAN 的切出准备失败,可能的原因是 MME 网元未配置 GERAN LAC 信息或 MME 网元配置错误的 GERAN LAC 信息,使 MME 无法路由至目标 GERAN 网络。

(2) GERAN 系统回复切换准备失败而导致切出准备失败,首先判断向某个 GERAN 邻区的准备失败是否为 100%,如果是 100%,则优先考虑异系统外部小区定义错误(尤其是 CI 信息),如果不是 100%,则可能是由于目标 GERAN 小区拥塞造成的。

2. 简述 eSRVCC 执行流程失败的优化思路。

解答:

(1) 首先判断源 LTE 基站有没有发起 eSRVCC 切换请求,如果没有,则查询是否由于异系统邻区漏配而导致的无法发起 eSRVCC 切换请求,从而增加相应的异系统邻区配置。

(2) 如果源 LTE 基站发起了 eSRVCC 切换请求,但收到了目标侧 2G 基站的切换准备失败响应消息,则需要对 GERAN 小区的硬件排障工作,确认对端 GERAN 邻区存在硬件设备告警造成小区接入能力下降的问题并处理。

(3) 如果源 LTE 基站发起了 eSRVCC 切换请求,且收到了目标侧 2G 基站的切换准备成功响应消息,源基站下发了切换命令给 UE,但 UE 接入目标小区不成功,此时有可能 UE 没有收到切换命令消息,也有可能收到了,但目标小区质差导致切换执行不成功,则要查看 eSRVCC 相关参数的优化,一般而言 eSRVCC 的 A2 门限值不应该低于 -116dBm, B2 中的 GSM 门限值控制在 -95~-90dBm 之间,过高或过低的 B2 门限值都将可能导致 eSRVCC 执行失败。

3. 在系统消息上，查看 LTE 终端能力时，从 NPO 的角度，主要需关注 UE 的哪些方面能力和特性？

解答：

- (1) 支持的频段；
- (2) 支持的加密算法；
- (3) 支持的传输模式；
- (4) 支持的终端能力等级；
- (5) 是否支持同频、异频切换。

第 10 章 网优案例参考

10.1 覆盖类优化案例

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 LTE 覆盖类问题的排查思路。

10.1.1 弱覆盖导致 SINR 差的优化

某路段处于大学校园内，现有的周边基站都没有形成对该路段的有效覆盖，从而导致整体的 RSRP/SINR 都比较低，如图 10-1 所示，给出问题排查思路。

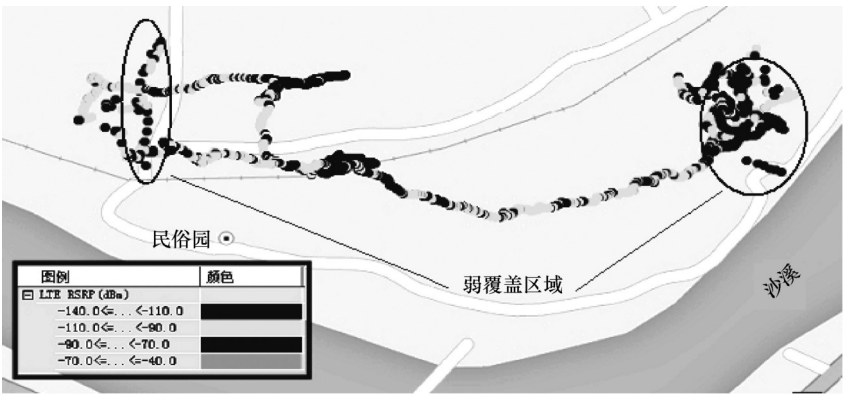


图 10-1 问题路段位置和基站图

分析思路：

如图 10-1 中画圈位置所示，由于被楼层阻挡，有两处问题路段。查看周边站点，找到可以对该路段直视覆盖的扇区，调整方向角和下倾角解决该路段的弱覆盖问题。

解决方案：

调整 A01 站 5 号楼 3 扇区的方位角和下倾角，使其直视覆盖问题路段。

10.1.2 弱覆盖潜在风险的优化

车辆在拥军路由北往南走，UE 占用 NBJB 汇家陈 FHTL-1 的信号。到了交叉路口处时，UE 所在的位置与基站之间存在建筑物阻挡，RSRP 值下降至-100dBm 左右。附近无其他较强的小区信号衔接，导致存在弱覆盖风险，影响覆盖指标，如图 10-2 所示。请给出规避弱覆盖风险的办法。

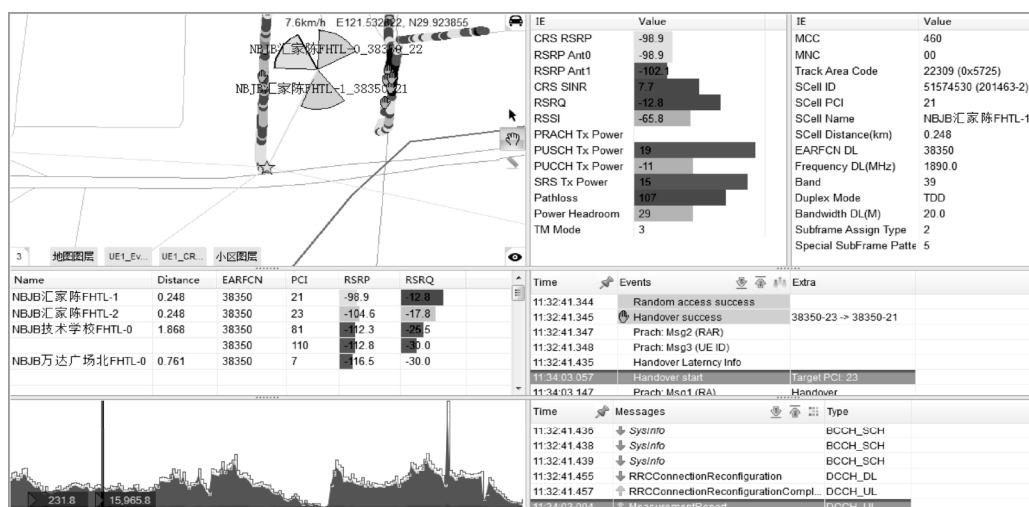


图 10-2 路测 Log

分析思路:

测试路线在小区边缘位置, RSRP 值徘徊在正常范围的临界位置, 不是太严重的弱覆盖, 但有弱覆盖风险。

可增加服务小区的 RS 功率, 以最快、最简易的方式提高 RSRP 值。

解决方案:

参数修改如表 10-1 所示。

表 10-1 参数修改

Cell Name	PCI	Parameter Name	Old Value	New Value
NBJB 汇家陈 FHTL	21	dlrsboost	0	3

优化效果:

参数调整后, 该问题路段的 RSRP 值稳定在 $-90\sim-95\text{dBm}$ 之间, 覆盖率指标改善很多。效果如图 10-3 所示。

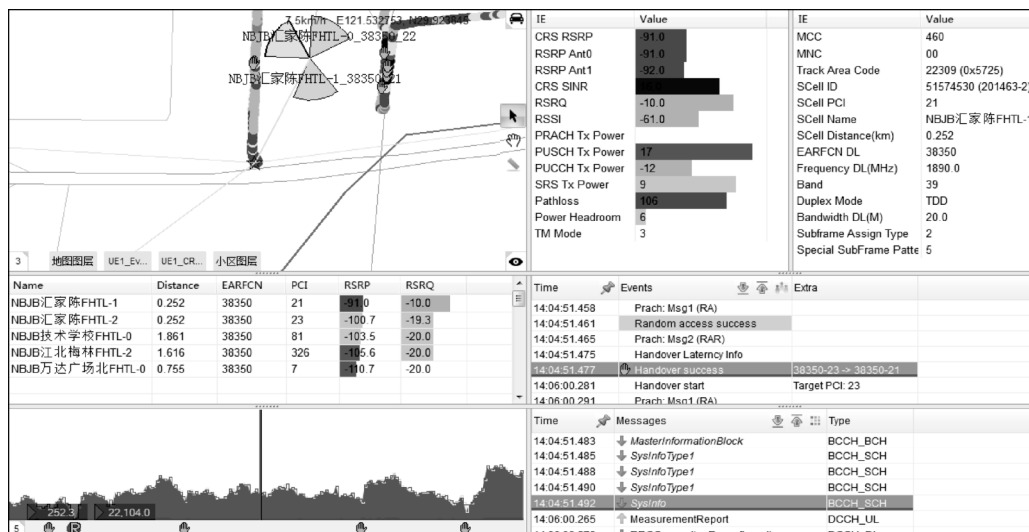


图 10-3 方案调整后的路测 Log

10.2 干扰类优化案例

考点介绍

分析案例，能够给出 LTE 干扰类问题的排查思路。

10.2.1 室内小区干扰排查

某室内小区长期存在干扰，如图 10-4 所示，干扰最高接近 -80dBm ，请给出排查思路。

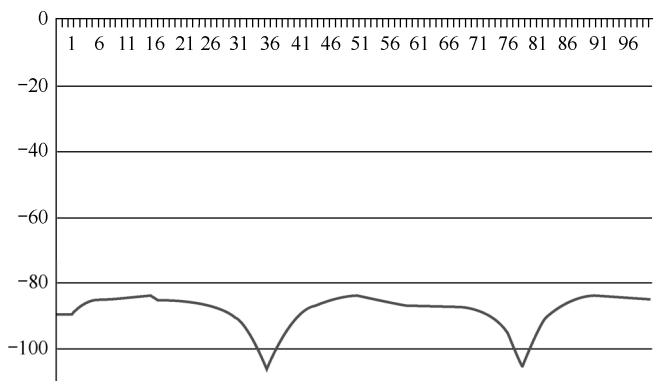


图 10-4 室内小区干扰图

分析思路：

从图 10-4 可以看出，干扰几乎为全频段干扰，分析步骤如下。

- (1) 告警检查：查看是否存在设备告警。
- (2) 参数检查：检查小区参数（帧偏置等）是否设置正常。
- (3) 网外干扰排除：该站点使用 E1 频段：2 320~2 340。其附近楼层的室分（均为 E1）站点均无干扰，现场扫频发现无频谱抬升。
- (4) 设备故障排除：设备断电重启，干扰仍然存在。同时现场核查主设备，使用负载堵住设备的 RRU 端口进行后台指标观察，发现干扰消失，排除主设备存在故障。
- (5) 2G 干扰排除：后台查看 2G 指标，2G 正常；断开 2G，单独观察 LTE 室分，发现干扰没有变化，可排除 2G 对 LTE 的阻塞干扰。
- (6) 器件排查：排查 RRU 输出端口及其分布系统，逐个去掉无源器件（合路器、耦合器），直接将分布系统通过转接头连接，观察指标。如果发现干扰消失，可判断为无源器件问题。更换无源器件，干扰就会消失。

10.2.2 外部干扰造成下行流量低

某市音乐公园 LTE 网络在测试过程中发现，东部区域下行 RSRP、SINR 均好，但误码率高，FTP 速率低。如图 10-5、图 10-6 和图 10-7 所示，请给出问题排查思路。

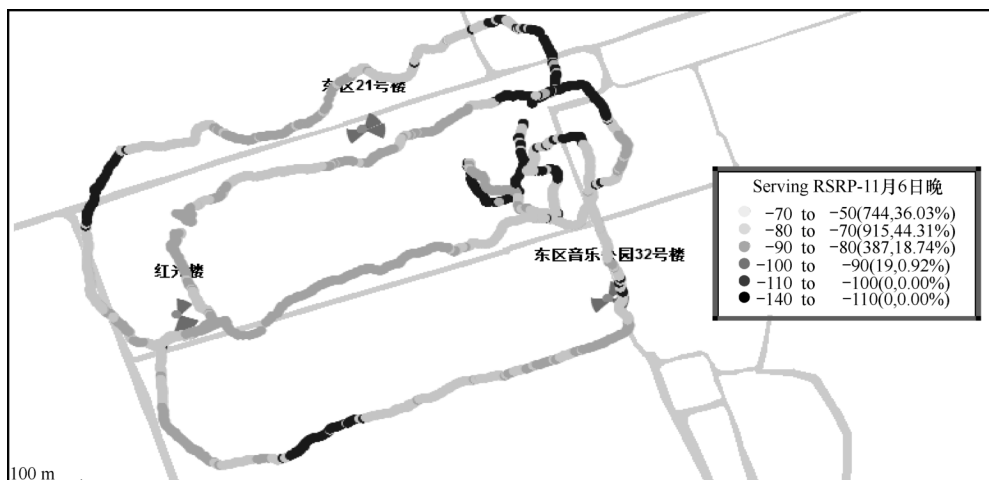


图 10-5 下行 RSRP 分布图

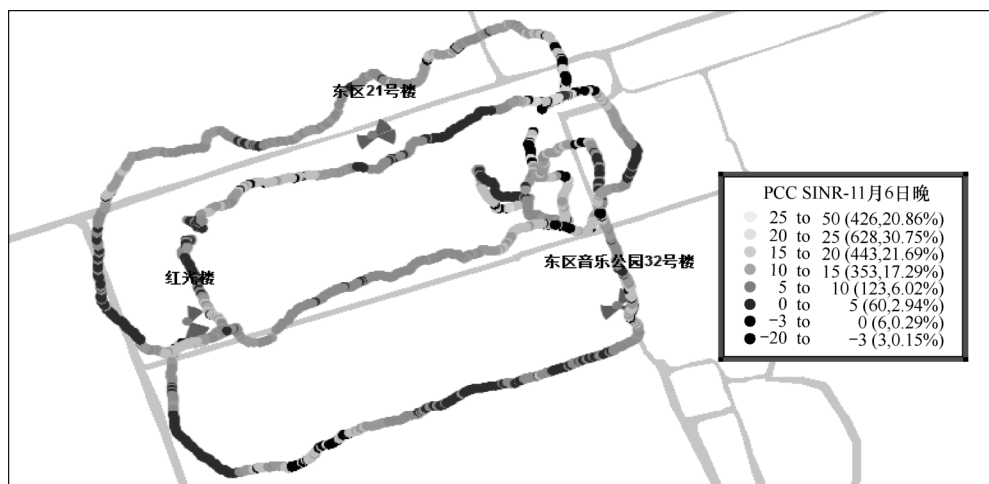


图 10-6 下行 SINR 分布图

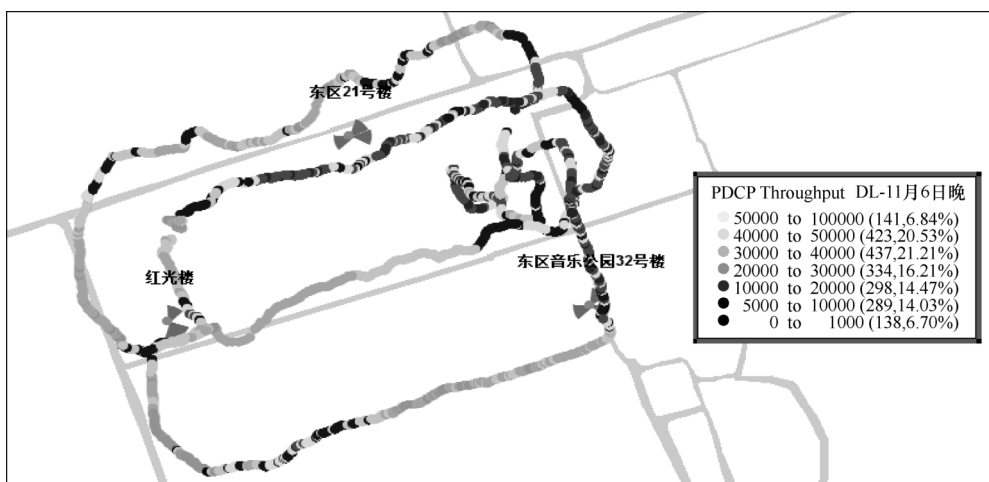


图 10-7 下行 FTP 下载速率分布图

分析思路：

从路测数据可以看出，东部区域速率低，主要原因是由于分配了较低的 MCS 造成的。由于现场 RSCP 和 SINR 值均好，可见下行覆盖质量并未受到明显的干扰影响。

通过分析下行业务机制和影响因素，判断受上行干扰的影响，上行 ACK 和 NACK 接收性能变差，导致下行重发次数增加。由于基站对下行 BLER 值的固有收敛算法，故造成下行速率低的现象。

选取 32 号楼 0 小区分析干扰检测跟踪数据：从频域看，如图 10-8 所示；第 0~36 号 RB、85~99 号 RB 较其他 RB 的干扰抬升平均值达到 20dB，外部干扰明显。

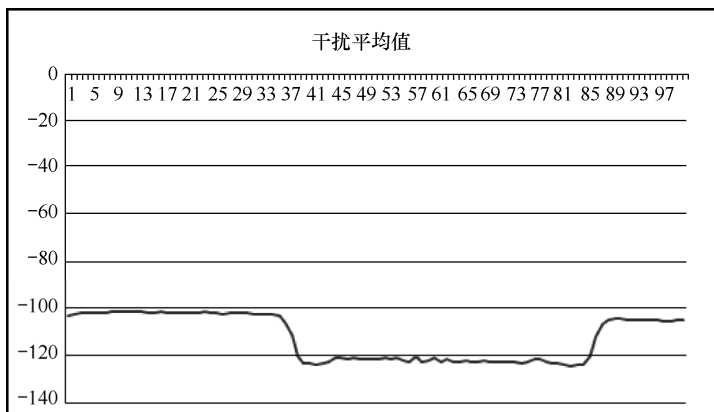


图 10-8 干扰检测跟踪数据

使用 Excel，按照接收强度大于 -110dBm 以上的标准染色来看，干扰情况非常明显。

由于干扰的存在，整体底噪都出现了抬升，最低为 -122dBm；从时域上看，干扰是连续的。

所有小区 RB 干扰值跟踪数据如表 10-2 所示。

表 10-2 小区 RB 干扰值跟踪数据

CELL	0~35RB	36~85RB	86~99RB
21 号楼 1	(-118dBm, -121dBm)	(-125dBm, -129dBm)	(-118dBm, -121dBm)
21 号楼 2	(-101dBm, -104dBm)	(-123dBm, -127dBm)	(-102dBm, -106dBm)
21 号楼 3	(-111dBm, -114dBm)	(-123dBm, -126dBm)	(-111dBm, -114dBm)
32 号楼 1	(-100dBm, -104dBm)	(-120dBm, -125dBm)	(-104dBm, -108dBm)
32 号楼 2	(-105dBm, -110dBm)	(-123dBm, -127dBm)	(-108dBm, -112dBm)
32 号楼 3	(-111dBm, -115dBm)	(-121dBm, -129dBm)	(-112dBm, -117dBm)
红光楼 3	(-111dBm, -115dBm)	(-121dBm, -129dBm)	(-112dBm, -117dBm)

核查基站 GPS 信息，均正常；去激活其他邻区，仅保留一个小区进行跟踪，现象依旧。更换频点，同样测得不同段 RB 的 RSSI 有显著提升。于是，基本可确认干扰来自系统外。

接下来，需要通过扫频进一步判定干扰方向，以及时域和频域的详细特征。一般情况下，对被干扰系统中心频点左、右各 100MHz 进行扫频（可根据实际情况调整）。

扫频结果如图 10-9 所示。

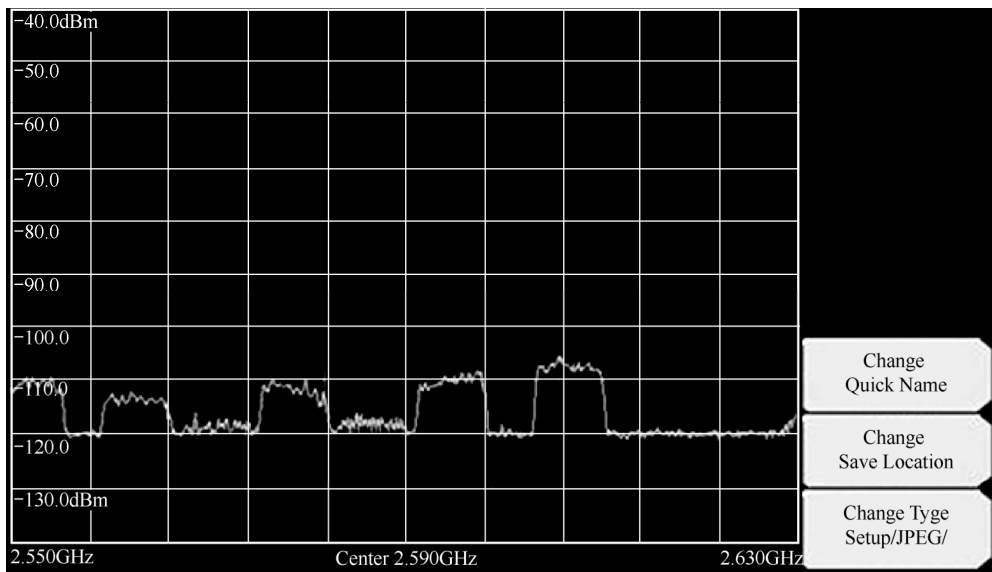


图 10-9 扫频结果图

从干扰源频域特性可以看出，每隔 8~10MHz，出现非常明显的干扰，刚好和基站侧跟踪的 RB 干扰情况一致。

扫频发现干扰主要来自 21 号楼和 32 号楼中间偏东方向，并且为天面干扰，地面无干扰。根据天面干扰的特性，主要干扰基站接收机的接收性能和前、后台数据分析吻合。

结合小区图层明显发现，强干扰来源方向和基站跟踪 PUSCH RB 的抬升情况绘制的干扰地图一致。

综上所述，从前台测试数据、基站侧上行干扰检测跟踪、扫频数据，都一致看出干扰来自音乐广场东区方向，并且从频域、时域特征来看，非通信系统干扰。

分析干扰的特性，从时域上表现为持续存在、无周期特性。频域上为间隔 10MHz 左右占用固定 8MHz 频带信号，并且信号仅覆盖有限天面。此特征和电视台无线广播信号相似。

通过咨询广电公司相关技术人员，广电在 1993 年开始就在这一频段开展数字电视转播，并在该市部署了大功率无线数字电视发射机作为对有线数字电视的补充。广电信号已经严重影响了东区 21 号楼和 32 号楼基站的接收性能。

解决方案：

经与广电相关部门协商，广电侧同意用备用频点更换占用 D 频段频道的频点。D 频段资源按照无线电管理委员会和工业和信息化部通知，由该移动公司合法使用。但由于涉及广电设备改造，解决过程可能会比较长。

10.3 接入类优化案例

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 LTE 接入类问题的排查思路。

10.3.1 RRC 拥塞

Cell_A 出现较严重 RRC 建立成功率低的问题，如表 10-3 所示。

表 10-3 Cell_A 小区 RRC 建立情况统计

开始时间	小区	小区内的平均用户数	小区内的最大用户数	小区 RRC 连接请求次数	小区 RRC 连接拒绝次数	用户数规格受限导致的 RRC 连接建立失败次数
15:00:00	Cell_A	288.7	407	19 640	14 489	14 489

分析过程：

在一般情况下，单个 LTE 小区最多允许接入 400 个 RRC 连接，超过该数字，基站将拒绝新用户的 RRC 连接请求，原因值是：用户数规格受限导致的 RRC 连接建立失败。但是有些基站厂商的设备在打开“增强型接入用户规格”算法开关后，单个 LTE 小区允许接入的 RRC 连接数将达到 1 200 个，因此强烈建议打开此算法开关，以使得更多的用户请求被接入。

10.3.2 小区底噪高导致 RRC 建立失败

Cell_A 出现较严重的 RRC 建立成功率低的问题，如表 10-4 所示。

表 10-4 Cell_A RRC 建立成功率低

小区	小区内的平均用户数	小区内的最大用户数	小区 RRC 连接建立次数	小区 RRC 连接完成次数	系统上行检测到干扰噪声平均值 (dBm)
Cell_A	17.1	25	1 758	1 339	-80.4

分析过程：

该小区的接入问题主要表现为：基站下发 RRC 重配置命令后，等待终端的 RRC 重配置完成消息超时。遇到此类问题，优先考虑检查小区的上行干扰噪声的平均测量值是否出现严重的上行干扰情况。一般而言，一个 LTE 小区的正常底噪在-118dBm 左右，随着业务量的上升，底噪会有一定的抬升但是幅度不会太大，根据某集团公司技术规范，底噪抬升 5~10dBm 属于轻度干扰，抬升 10~15dBm 属于中度干扰，抬升 15dBm 以上属于重度干扰。这里，上行干扰噪声平均值已经抬升至-80dBm 左右，然而小区接入的用户数并不多。不可能由于正常业务造成底噪抬升，明显属于严重的外部干扰。

10.3.3 核心网原因造成 ERAB 建立失败

Cell_A 出现较严重的 ERAB 建立成功率低的问题。

分析过程：

对 TOP 小区进行信令跟踪，筛选出由于核心网原因造成的 ERAB 建立失败的信令流程，如图 10-10 所示。

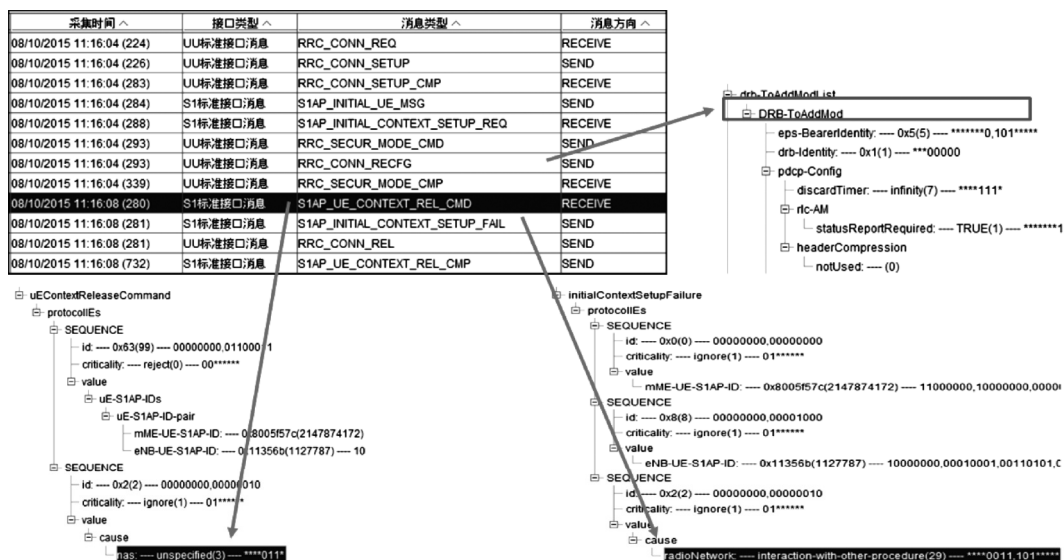


图 10-10 由于核心网原因造成的 ERAB 建立失败的信令流程

端到端信令流程分析如下。

- (1) MME 向 eNodeB 发送 S1AP_Initial_Context_Setup_Req，启动定时器并等待 eNodeB 回应 S1AP_Initial_Context_Setup_Reponse 消息。
- (2) eNodeB 向终端发送 RRC_Reconfiguration 建立 DRB，启动定时器并等待终端回应 RRC_Connection_Reconfiguration_Complete 消息。
- (3) 终端长时间无响应。
- (4) MME 侧相关定时器超时后，向 eNodeB 发送 S1AP_UE_Context_Rel_CMD 消息，包含原因值为“unspecified”。
- (5) eNodeB 向 MME 发送 S1AP_Initial_Context_setup_fail，包含原因值为“interaction with other procedure”。

由于 eNodeB 侧等待 RRC_Reconfiguration_Complete 消息的定时器时长（默认值为 35s）大于 MME 侧相关定时器（在本例中推测为 4s），因此，该问题的根本原因并非来自 MME，根本原因是由于空口问题，eNodeB 未收到终端的 RRC Reconfiguration Complete 消息。

终端没有正常反馈 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息，最有可能的原因为上行干扰。

建议根据实际情况，对齐 MME 侧和 eNodeB 侧与 ERAB 建立相关的定时器，以避免对网络优化工程师的定位思路产生误导。

10.4 切换类优化案例

考点介绍

分析案例，能够给出 LTE 切换类问题的排查思路。

10.4.1 外部小区配置失败造成切换准备失败

小区 A 出现非常低的切换准备成功率，通过 Ncell 测量结果发现，该小区对周边两个相邻小区的切换准备成功率为 0%，如表 10-5 所示。

表 10-5 切换准备成功率为 0

小区名	切换目标小区名	同频切换准备次数	同频切换准备成功次数	同频切换准备失败次数	同频切换准备成功率
Cell_A	Cell_D	16 432	0	16 432	0%
Cell_A	Cell_E	9 462	0	9 462	0%

分析过程：

Cell_A 向相邻的 Cell_D 和 Cell_E 的切换准备 100%失败，根据优化流程，首先考虑 Cell_A 存在外部小区定义错误的可能性，如图 10-11 所示。

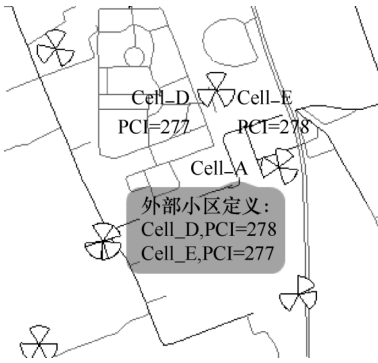


图 10-11 外部小区 PCI 定义错误

经查询，Cell_D 的 PCI 定义为 277、Cell_E 的 PCI 定义为 278，由于优化原因，D、E 两个小区进行了 PCI 交换，但未在源小区上进行相关外部小区定义的修改，导致邻区数据配置与现网配置不符，因此造成切换准备 100%失败。

10.4.2 目标小区准入失败造成切换准备失败

小区 A 出现较低切换准备成功率，如表 10-6 所示。

表 10-6 Cell_A 切换准备成功率较低

开始时间	小区	基站间 异频切 出执行 次数	基站间 异频切 出尝试 次数	基站间 同频切 出执行 次数	基站间 同频切 出尝试 次数	基站内 同频切 出执行 次数	基站内 同频切 出尝试 次数	基站内 异频切 出执行 次数	基站内 异频切 出尝试 次数	基站间 切换准 备失败 次数	基站内 切换准 备失败 次数	切换准 备失败 总数
15:00:00	Cell_A	58	58	3 148	3 203	4 602	8 751	0	0	55	4 149	4 204
16:00:00	Cell_A	58	58	2 665	2 665	4 067	5 105	0	0	0	1 038	1 038

分析过程：

A 小区共发生 5 242 次切换准备失败，绝大多数属于同基站内切换场景。根据该小

区的 Ncell 测量结果，定位出失败最严重目标小区 B。

观察该目标小区 B 的平均/最大连接态用户数统计，最大用户数在某些时间段已经超过“允许最大接入用户规格（RRC 连接数=400）”，如表 10-7 所示，所以造成准入失败。

表 10-7 Cell_B 最大用户数超标造成的准入失败

开始时间	小区	小区内的平均用户数	小区内的最大用户数	小区基站内模式内切入尝试次数	小区基站内模式内切入执行次数	小区基站内模式内切入尝试失败次数
15:00:00	Cell_B	285.765	410	8 640	4 489	4 151
16:00:00	Cell_B	279.099	425	4 949	3 911	1 038

解决方法：

本例中造成部分时段的严重切换准备失败的原因是，目标小区出现 RRC 连接用户数超过“允许最大接入用户规格”。打开“增强型 RRC 连接数”算法开关，使得小区能够准入的 RRC 连接数达到 1 200，从而解决该问题。

10.4.3 小区切换准入算法缺陷造成切换准备失败

小区 A 出现较低切换准备成功率，如表 10-8 所示。

表 10-8 Cell_A 切换准备成功率较低

开始时间	小区	基站间异频切出执行次数	基站间异频切出尝试次数	基站间同频切出执行次数	基站间同频切出尝试次数	基站内同频切出执行次数	基站内同频切出尝试次数	基站内异频切出执行次数	基站内异频切出尝试次数	基站间切换准备失败次数	基站内切换准备失败次数	切换准备失败总数
13:00:00	Cell_A	437	855	20	20	922	922	426	426	418	0	418
14:00:00	Cell_A	804	1 110	24	24	182	182	409	409	306	0	306
15:00:00	Cell_A	617	888	23	23	184	184	119	119	271	0	271
16:00:00	Cell_A	703	957	39	39	283	283	132	132	254	0	254
17:00:00	Cell_A	723	950	30	30	147	147	210	210	227	0	227

Cell_A 小区共发生多次切换准备失败，绝大多数属于基站间异频切换场景。根据该小区的 Ncell 测量结果，定位出失败最严重的目标小区。

检查相关时段基站间异频邻区：Cell_D、Cell_F 小区的平均/最大连接态用户数统计，这两个小区最大用户数明显未超过“允许最大接入用户规格”，然而却造成相对较严重的准入失败，如表 10-9 所示。

表 10-9 两个小区最大用户数未超标造成的准入失败

开始时间	小区	小区内的平均用户数	小区内的最大用户数	小区基站内模式内切入尝试次数	小区基站内模式内切入执行次数	小区基站内模式内切入尝试失败次数
13:00:00	Cell_D	64.7	107	1 688	1 409	279
14:00:00	Cell_F	152.3	192	896	686	210
15:00:00	Cell_D	99.3	140	1 398	1 237	161
17:00:00	Cell_F	129.1	173	1 242	1 109	133

在这里，两个 TOP 目标小区的 RRC 连接用户数较少，远低于小区空口用户数规格。常规情况下，不应该出现拥塞。由于此基站为多载波配置，初步判定由于某些基站级别的资源受限造成。

经过对目标基站内部日志的分析发现，切换准入失败的原因与异频负载均衡功能有关，Cell_D、Cell_F 已经被配置为异频负载均衡小区组，准入算法会考虑目标小区当前所处的负载均衡状态。

假如目标小区已经处于负载均衡切出的状态，则无论 RRC 连接用户数是多少，均会判决为准入失败。

解决方法：小区切换准入算法存在明显缺陷。将此问题提交给基站厂商进行算法优化。在软件补丁开发完成之前，可通过调整负载均衡状态用户数触发门限，尽量避免目标小区进入负载均衡切出状态，以暂时规避该问题。

10.4.4 目标小区高干扰

Cell_A 出现较严重的切换执行失败现象，如表 10-10 所示。

表 10-10 Cell_A 切换执行失败

小区	基站间 同频切 出执行 次数	基站间 同频切 出成功 次数	基站间 异频切 出执行 次数	基站间 异频切 出成功 次数	基站内 同频切 出执行 次数	基站内 同频切 出成功 次数	基站内异 频切出执 行次数	基站内异 频切出成 功次数	基站间 切换执 行失败	基站内 切换执 行失败	通过重建 回源小区 的切换执 行次数	切换执 行失败 总数
Cell_A	269 602	265 278	372	370	99 149	91 360	0	0	4 326	7 789	5 545	17 660

分析过程：

借助 Ncell（两两切换）测量结果定位切换执行失败目标小区，如表 10-11 所示，绝大多数属于同频切换场景。

表 10-11 切换执行失败的目标小区情况

源小区	切换目标小区	同频切换执行次数	同频切换执行成功次数	同频切换执行失败次数	同频切换执行成功率
Cell_A	Cell_B	9 197	8 823	374	95.9%
Cell_A	Cell_C	5 821	5 621	200	96.6%
Cell_A	Cell_D	8 971	8 349	622	93.1%
Cell_A	Cell_G	2 190	1 790	400	81.7%

Cell_A 小区及周边小区地理位置情况，如图 10-12 所示。

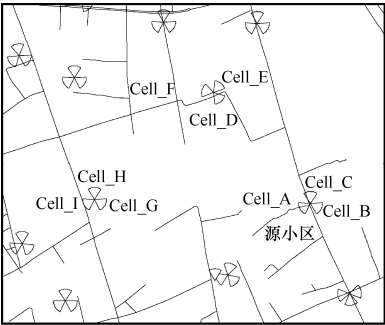


图 10-12 Cell_A 小区及周边小区地理分布图

区域周边小区均为上行严重高干扰，如图 10-13 所示。

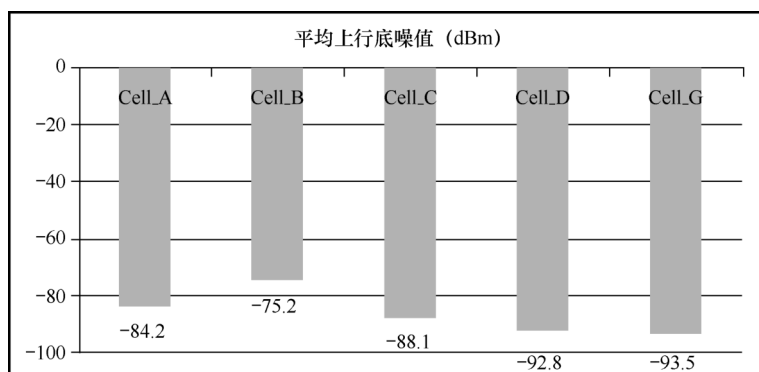


图 10-13 Cell_A 及其周边邻区的平均上行底噪测量值

由此判断，该小区周边的严重外部干扰是导致切换执行失败的最主要因素。

10.4.5 邻区漏配

当小区接收到终端的 Measurement Report 消息，切换判决要进行切换时，Measurement Report 消息中信号最好的邻区无对应的邻区关系，从而导致无法向该邻区发起切换请求，如图 10-14 A 点所示。

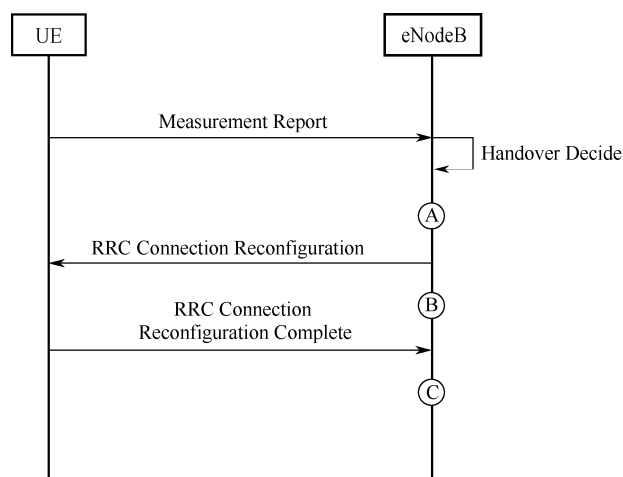


图 10-14 无对应的邻区关系导致无法发起切换过程

因此，对于优化人员而言“无对应的邻区关系导致无法发起切换过程”是最有效的表征邻区漏配的指标。

以 Cell_A 为例，该小区仅配置了同站的两个同频邻区，如图 10-15 所示，建议补齐同频邻区的配置。

以 Cell_A 为例，该小区仅配置了同站的两个 F 频段的异频邻区，如图 10-16 所示，建议补齐异频邻区配置。

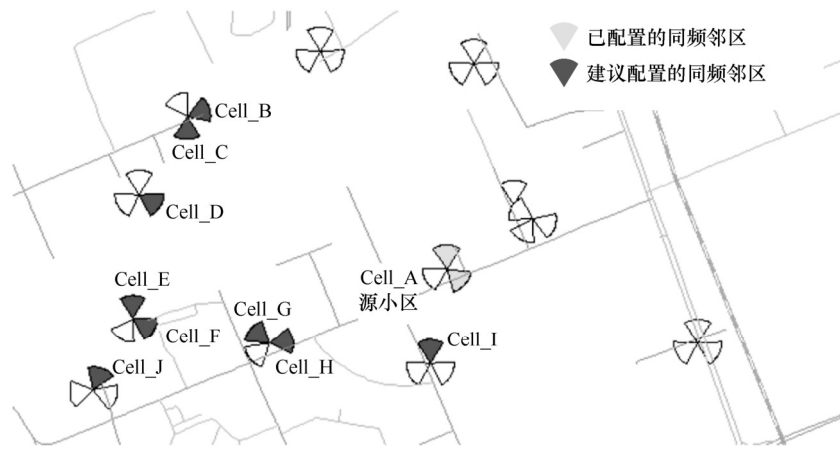


图 10-15 同频邻区漏配案例

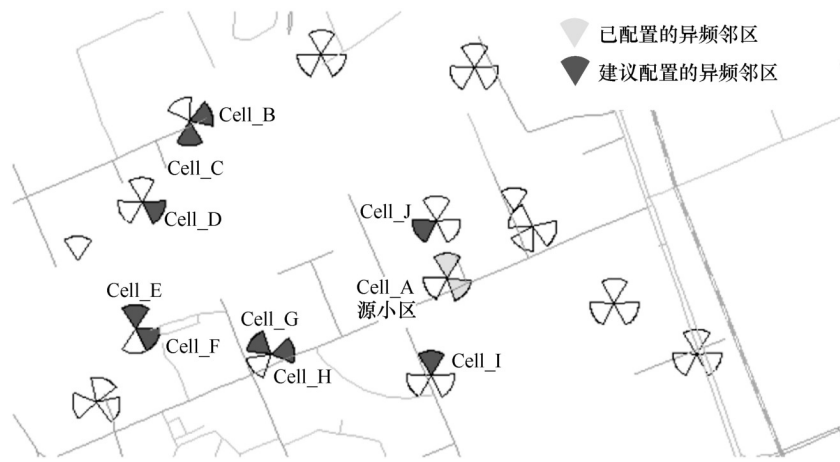


图 10-16 异频邻区漏配案例

10.4.6 异频切换参数不合理

某个新扩容的 D 频段 Cell_E 出现比较低的异频切换执行成功率，如表 10-12 所示。

表 10-12 异频切换执行成功率较低的情况

小区	基站间 同频切 出执行 次数	基站间 同频切 出成功 次数	基站间 异频切 出执行 次数	基站间 异频切 出成功 次数	基站内 同频切 出执行 次数	基站内 同频切 出成功 次数	基站内 异频切 出执行 次数	基站内 异频切 出成功 次数	基站间切换 执行失败	基站内切换 执行失败	通过重建 回源小区的 切换执行 次数	切换执行 失败 总数
Cell_E	281 699	281 470	22 963	22 929	66 490	66 335	105 901	99 372	263	6 684	5 352	12 299

分析过程：

借助 Ncell（两两切换）测量结果定位切换执行失败目标小区，绝大多数属于同基站内异频切换场景，最严重的切换执行失败目标小区为同基站内的 F 频段邻区：Cell_H。
Cell_E 归属基站所有小区基于覆盖的异频切换参数，如表 10-13 所示。

表 10-13 Cell_E 归属基站所有小区基于覆盖的异频切换参数情况

小区名称	频率	异频 A1/A2 幅度迟滞 (0.5dB)	基于 A4/A5 异频 A1 RSRP 触发门限 (dBm)	基于 A4/A5 异频 A1 RSRQ 触发门限 (0.5dB)	基于 A4/A5 异频 A2 RSRP 触发门限 (dBm)	基于 A4/A5 的异频 A2 RSRQ 触发门限 (0.5dB)	异频切换幅度迟滞 (0.5dB)	基于覆盖的异频 RSRP 触发门限 (dBm)
Cell_A	D1	0	-101	-20	-105	-24	0	-94
Cell_B	D1	0	-101	-20	-105	-24	0	-94
Cell_C	D1	0	-101	-20	-105	-24	0	-94
Cell_D	D2	2	-103	-20	-109	-24	2	-105
Cell_E	D2	2	-103	-20	-109	-24	2	-105
Cell_F	D2	2	-103	-20	-109	-24	2	-105
Cell_G	F	0	-101	-20	-105	-24	0	-94
Cell_H	F	0	-101	-20	-105	-24	0	-94
Cell_I	F	0	-101	-20	-105	-24	0	-94

该基站内所有 D2 频段小区 (Cell_D、E、F) 均属于切换执行性能最差 TOP 小区列表, A2/A4 门限设置未根据 D+F 异频同覆盖场景进行个性化参数优化。

主要问题在于 A2/A4 门限设置过低, 终端在如此低的电平质量下, 容易造成切换执行失败。建议将 A2 RSRP 门限调整至 -100 dBm 以上, A4 RSRP 门限调整至高于相对应 A2 RSRP 门限 4dB, 而且不同 D 频段小区的门限值应保持一致。

10.4.7 相邻小区 PCI 复用距离过小

某小区同频切换执行成功率较低, 通过 Ncell 测量查询定位到其相邻目标小区 D 的切换执行成功率很低, 如表 10-14 所示。

表 10-14 相邻的目标小区 D 的切换执行成功率低

小区名	切换目标小区名	同频切换执行次数	同频切换执行成功次数	同频切换执行失败次数	同频切换执行成功率
Cell_A	Cell_D	5 897	5 192	705	88.04%

分析过程:

按照优化流程, 首先没有查询到目标小区 Cell_D 存在告警信息, 该小区也不存在明显的上行干扰情况; 源小区没有同频邻区漏配的现象, 且同频切换参数没有错误的配置。

然而通过地理化信息发现, Cell_A 周边约 3km 处存在 Cell_X, Cell_X 与 Cell_A 的同频邻区 Cell_D 的 PCI 相同, 都是 277, 并且 Cell_X 未被配置成 Cell_A 的邻区, 如图 10-17 所示。

假如终端位于 Cell_A 的西南方向, 很有可能收到来自 Cell_X PCI=277 的信号, 一旦该小区信号强度超过 A3 事件的门限, 则终端将上报 MR。

Cell_A 收到 MR 后将查询已经配置的邻区列表, 发现 PCI=277 的相邻小区为 Cell_D, 通知 Cell_D 准备无线链路, 并且下发向 Cell_D 的切换命令, 然而事实上终端根本无法在 Cell_D 上完成随机接入, 从而导致切换执行失败。

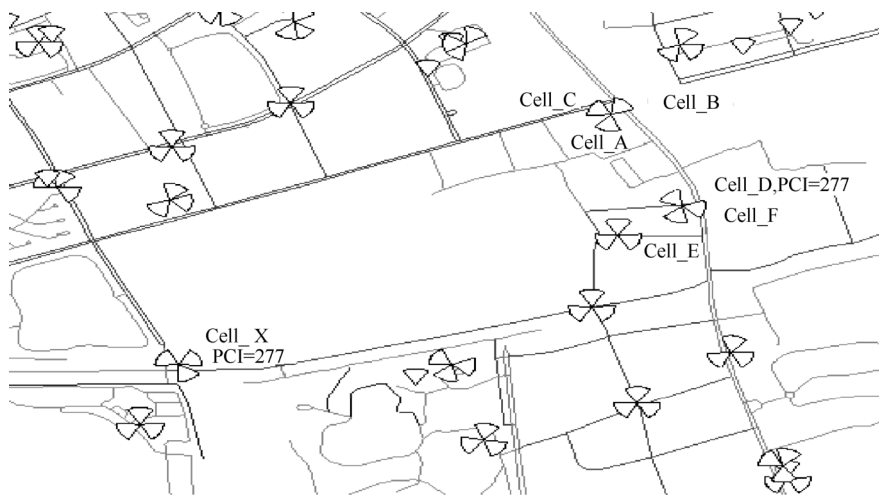


图 10-17 邻区间 PCI 复用距离较小

优化方案:

Cell_D 与 Cell_X 的 PCI 复用距离较小, 调整 Cell_X 的 PCI 即可。

10.5 数据业务优化案例——下行吞吐量受限的问题

考 点 介 绍

分析案例, 能够给出 LTE 数据业务速率低问题的排查思路。

某室分小区设置 TM3 模式, 但一个 LTE 终端在近点、中点和远点测得的下行吞吐量均为 30 多兆比特每秒, 小区内无其他用户。请问出现该问题的可能原因是什么? 排查方法有哪些?

分析过程:

依次按照下面步骤定位下行吞吐量受限的原因。

- (1) 基站传输是否受限。
- (2) 小区单用户 PRB 资源分配数是否受限。
- (3) 基站 MIMO 参数配置是否不完整。
- (4) USIM 卡在 HSS 配置的吞吐量能力是否受限。
- (5) 室分小区是否无法实现 MIMO。

排查方法:

- (1) 检查 HSS 上设置的此用户的带宽属性。
- (2) 如两个 UE 的测试数据均能达到或接近 30Mb/s, 则检查小区参数是否设置了对单个 UE 限制 PRB 数。
- (3) 用多个 UE 测试总吞吐量, 如总吞吐量依旧为 30Mb/s, 则检查传输 PDN 是否设置了带宽限制。
- (4) 如 UE 不能实现双流, 则检查 RA 参数配置是否真正打开 MIMO。
- (5) 用 site master 检查每路天馈系统是否存在故障。

(6) 用 UDP 灌包方式排除 S1 接口问题。

按照上述步骤，发现室分一路天馈故障无信号，或者损耗过大造成两路功率严重不平衡，从而无法实现 MIMO。

10.6 LTE 掉线类案例——核心网网元软件 Bug 引起无线掉线率恶化

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 LTE 掉线类问题的排查思路。

某一线城市网络出现突发性的无线掉线率飙升问题，在没有基站版本升级或重要参数调整的情况下，无线掉线率从 2% 左右恶化至 6% 以上。

分析过程：

用户上下文异常释放的各项分类原因，除了“eNodeB 等待初始上下文建立请求超时触发的 UE Context 释放次数”以外，其余分类原因并无明显增加。

进行小区信令跟踪，异常流程信令如图 10-18 所示。

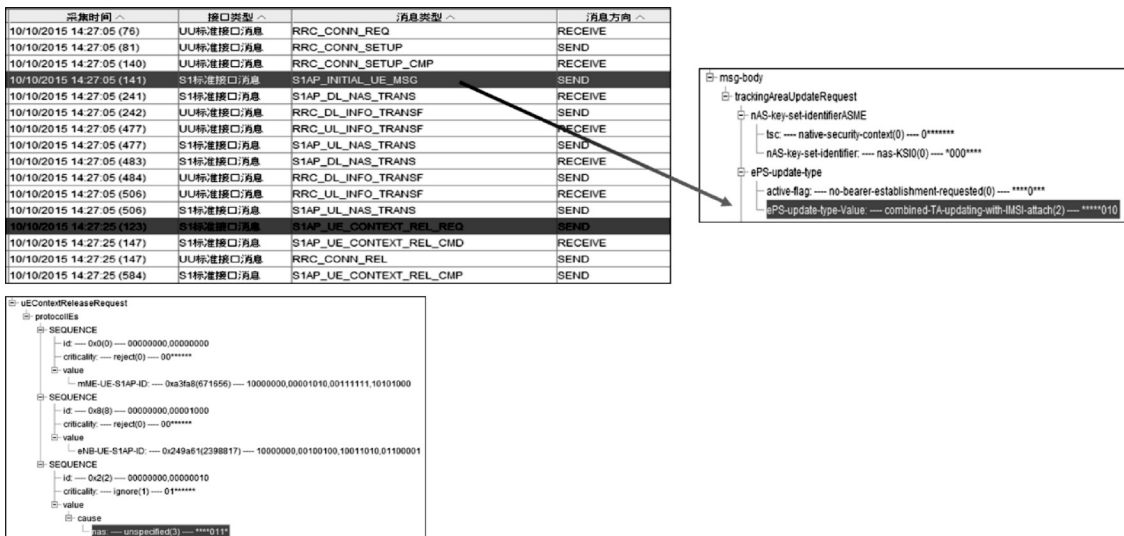


图 10-18 用户上下文异常流程信令

eNodeB 将用户的初始消息透传给 MME，主要为网络注册类请求原因：

Combined TAU with IMSI attach

Combined attach

基站侧的 20s 定时器超时前，始终未收到 MME 回复的 Initial Context Setup Request 消息，则 eNodeB 发起 UE context 异常释放请求，包含原因为“unspecified”。

可以观察到终端发送初始 UE 消息后，终端在很短的时间内与 MME 交互了若干条非接入层透传信息。其内容应该是鉴权信息的交互，随后 MME 没有后续 S1AP 消息下发。

该问题让 MME 厂商进行更详细的信令跟踪和原因分析后发现是由于 MME 对某批次的用户鉴权信息处理方式有误造成的。

MME 进行热补丁升级后该问题被解决。

10.7 VoLTE 注册类优化案例

考点介绍

分析案例，能够给出 VoLTE 注册类问题的排查思路。

10.7.1 开户问题导致注册失败

部分用户初始注册失败，请给出问题排查思路。

分析过程：

(1) 初始注册时，ICSCF 收到 HSS 返回的 UAA 的 DIAMETER_ERROR_USER_UNKNOWN (5001) 后，直接给 UE 发送 403 消息 (FORBIDDEN (Cause:403), Warning: 399 5138.509.1.260.5.146.4.5.5134.0.0.js.chinamobile.com “Invalid User”)。

(2) 查看用户在 HSS 里的签约数据，发现 HSS 签约的 IMPI 和用户注册请求中的 IMPI 不同。

解决方法：

重新在 HSS 中签约 IMPI，与用户 USIM 卡中相同，问题被解决。

10.7.2 某款终端初始注册失败大规模增多

某天凌晨，某款终端的用户批量投诉 VoLTE 使用不正常。请给出问题排查思路。

分析过程：

查看信令监测，发现初始注册时，网络侧返回 500 (SERVER INTERNAL ERROR) 失败原因。第一拆线点为 S-CSCF 网元，比较失败和正常的初始注册消息，发现失败消息的 CONTACT 字段较长。经与 S-CSCF 网元核实，该网元针对 CONTACT 长度大于 256 字节的注册请求消息进行了失败处理。

解决方法：

S-CSCF 网元关闭对 CONTACT 长度的限制功能。

10.7.3 无线弱覆盖问题导致注册失败

现场测试时发现，在 LTE 弱覆盖情况下，VoLTE 用户存在概率性初始注册失败。请给出问题排查思路。

分析过程：

从路测 LOG 可以看到，UE 在 Activate Default EPS Bearer Context Request 消息中，收到 P-CSCF 的地址列表，UE 向其中一个 P-CSCF 发起初始注册请求，UE 收到 IMS 核心网下发的 REGISTER 401 鉴权消息的时候，LTE RSRP<-120dBm。由于信号弱，无

法将带鉴权响应消息的 REGISTER 发给 IMS 侧，并且在 9s 后重定向至 2G，从而导致初始注册失败。

解决方法：

解决弱覆盖问题，进行 RF 优化，必要时增加站点。

10.8 VoLTE 接入类优化案例——VoLTE 承载资源分配与下行 CoMP 功能冲突

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 VoLTE 接入类问题的排查思路。

某网络中，对由于无线网络原因造成的 VoLTE 业务接入失败的各项原因分类，如表 10-15 所示。请给出问题排查思路。

表 10-15 VoLTE 业务接入失败原因分类

等待 UE 响应超时，导致语音业务 ERAB 建立失败	0
无线资源不足，导致语音业务 ERAB 建立失败	2
安全模式配置失败，导致语音业务 ERAB 建立失败	42
SRB RLC 达到最大重传次数，导致语音业务 ERAB 建立失败	5
其他无线层问题导致语音业务 ERAB 建立失败	4 174

分析过程：

从表 10-15 数值中观察到，该网络的 VoLTE 业务 ERAB 建立失败的原因分类十分异常，常见的由于上行或下行链路质量问题所导致的比例非常低，其中绝大部分原因（几乎接近 99%）是“其他无线层问题”，初步判定与空口质量无直接关联。

对 TOP 小区的信令跟踪，筛选出该类问题的信令流程如图 10-19 所示。

2016-04-14 09:09:30(889)	RRC_CONN_RECFG	eNB-UE	
2016-04-14 09:09:31(065)	RRC_CONN_RECFG_CMP	UE-eNB	
2016-04-14 09:09:35(052)	RRC_MEAS_RPRT	UE-eNB	MSID=2; servRSRP=-99; servRSRQ=-10; neigh
2016-04-14 09:09:35(552)	RRC_MEAS_RPRT	UE-eNB	MSID=4; servRSRP=-102; servRSRQ=-10;
2016-04-14 09:09:36(902)	RRC_CONN_RECFG	eNB-UE	
2016-04-14 09:09:37(004)	RRC_CONN_RECFG_CMP	UE-eNB	
2016-04-14 09:09:40(035)	RRC_MEAS_RPRT	UE-eNB	MSID=2; servRSRP=-99; servRSRQ=-10; neigh
2016-04-14 09:09:40(039)	RRC_CONN_RECFG	eNB-UE	
2016-04-14 09:09:40(075)	RRC_CONN_RECFG_CMP	UE-eNB	
2016-04-14 09:09:41(045)	RRC_CONN_RECFG	eNB-UE	
2016-04-14 09:09:41(158)	RRC_CONN_RECFG_CMP	UE-eNB	
2016-04-14 09:09:41(766)	S1AP_ERAB_SETUP_REQ	MME-eNB	eRABID=7; qci=1; IpAddress=100.71.253.184;
2016-04-14 09:09:41(770)	S1AP_ERAB_SETUP_RSP	eNB-MME	cause=failure-in-radio-interface-procedure;
2016-04-14 09:09:43(675)	RRC_CONN_RECFG	eNB-UE	cqi-Aperiodic=rm30;
2016-04-14 09:09:43(698)	RRC_CONN_RECFG_CMP	UE-eNB	

图 10-19 VoLTE ERAB 建立失败信令流程

(1) MME 下发“S1AP_ERAB_Setup_Req”消息，通知基站与终端建立 QCI=1 的 ERAB。

(2) UE 所处无线环境 RSRP 在-100dBm 左右，一般不应该造成空口流程失败。

(3) 基站反馈“S1AP_ERAB_Setup_Response”消息，通知 MME 侧 QCI=1 的 ERAB 建立失败，并携带原因值：failure in radio interface procedure。

(4) 通过观察图 10-19 所示信令流程，基站收到“S1AP_ERAB_Setup_Req”消息后，仅在不到 10ms 即反馈“S1AP_ERAB_Setup_Response”消息，根本没有尝试命令终端重配置建立 VoLTE 无线承载。

通过以上端到端信令分析，该网络中出现的“其他无线层问题导致语音业务 ERAB 建立失败”现象基本与空口质量无关，其错误流程与某些资源受限造成的错误流程相似，因此判定由于基站内部资源受限引起。

通过基站内部日志，发现基站为某些终端分配资源时，与其所处的下行 CoMP 状态产生一定冲突。可以定位为基站软件 Bug，需提交基站厂商开发软件补丁解决。在此之前，可暂时关闭基站的 CoMP 功能进行规避（CoMP 功能关闭后，该问题消失）。

10.9 VoLTE 接续时延类问题

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 VoLTE 接续时延类问题的排查思路。

10.9.1 寻呼周期设置过长导致呼叫时延长

一个基站下用户的呼叫时延，普遍比其他基站长一些。请给出问题排查思路。

分析过程：

基站当前寻呼周期设置为 RF128(1.28s)。如果终端寻呼周期刚过，SGW 收到 SIP Invite 消息，在基站侧要等 1.28s 才能寻呼终端，也就是说，呼叫时延最大增加 1.28s。因此，基站收到核心网的 Paging 消息到下发 Paging 消息给 UE，所需时间会随机地分布在 0~1.28s 内，如图 10-20 所示。

解决方法：

将寻呼周期修改为 RF64 (0.64s)，呼叫时延减少 0.5s 左右。

Time	Messages	Type
18:05:13.050	↓ Paging	PCCH
18:05:14.329	↓ Paging	PCCH
18:05:15.610	↓ Paging	PCCH
18:05:15.610	↑ Service Request	EPS MM
18:05:15.610	↑ RRCConnectionRequest	UL_CCCH
18:05:15.610	↓ RRCConnectionSetup	DL_CCCH
18:05:15.610	↑ RRCConnectionSetupComplete	UL_DCCH
18:05:15.610	↓ DLInformationTransfer	DL_DCCH
18:05:15.610	↓ Authentication Request	EPS MM
18:05:16.019	↑ Authentication Response	EPS MM
18:05:16.019	↑ ULInformationTransfer	UL_DCCH
18:05:16.019	↓ DLInformationTransfer	DL_DCCH
18:05:16.019	↓ Security Mode Command	EPS MM
18:05:16.019	↑ Security Mode Complete	EPS MM
18:05:16.019	↑ ULInformationTransfer	UL_DCCH

图 10-20 寻呼占用了时间

10.9.2 VoLTE 用户呼叫 VoLTE 用户接续时延超长

某市部分 LTE 覆盖区域存在 VoLTE 用户呼叫 VoLTE 用户接续时延超长的问题，并且比例较高。请给出问题排查思路。

分析过程。

(1) 问题复现，通过信令监测平台可以看到被叫用户的流程描述，如图 10-21 所示。

2017-07-05 18:32:49.647000					100 T
2017-07-05 18:32:49.653000			INVITE		
2017-07-05 18:32:50.153000			INVITE		
2017-07-05 18:32:51.151000			INVITE		
2017-07-05 18:32:53.153000			INVITE		
2017-07-05 18:32:57.153000			INVITE		
2017-07-05 18:33:02.628000	被叫用户在13s后没有返回			CANCEL	
2017-07-05 18:33:02.633000	任何响应, SCCAS启用				

图 10-21 VoLTE 被叫用户的接续流程

18:32:49: 第一个 INVITE 消息到达 SGW。

18:32:49: MME 寻呼 UE。

18:32:49: 建立 QCI=5 默认承载。

18:32:50: 第二个 INVITE 消息到达 SGW。

18:32:51: 第三个 INVITE 消息到达 SGW。

18:32:53: 第四个 INVITE 消息到达 SGW。

18:32:57: 第五个 INVITE 消息到达 SGW。

18:33:02: 被叫的 SCCAS 启用了 CS-RETRY 功能。

18:33:03: MME 收到 SGS 接口的 CSFB 业务寻呼请求。

18:33:03: UE 响应了 CSFB 寻呼请求并进行了回落。

(2) 从上面流程可以看到，呼叫接续时延=13 (VoLTE) +3-5 (CSFB)。

(3) 端到端抓包分析定位。

在 UE、基站、EPC、SBC 上同时进行用户消息抓包，以确认 INVITE 消息是否传递给 UE。如果 UE 收到了是否响应网络侧的 INVITE 消息。

跟踪方法如下：

UE (打开终端内部 LOG) → eNodeB (虚拟用户跟踪) → SGW/PGW (MME/SGW 跟踪) → SBC。

经过抓包发现 SGW 收到了 SBC 侧的 INVITE 消息，但未转发，最后确定为 SGW 的流量欺诈功能模块问题。

解决方法：卸载流量欺诈功能模块，问题被解决。

10.9.3 MME 寻呼策略导致呼叫时延超长

路测时，发现被叫 Paging 时延过长，被叫在接收呼叫时，连续收到多个 INVITE，CALLID 都一样，而且终端也分别回复了多条 100TRYING，导致被叫响应时间过长，整体时延增加。

分析过程：

(1) 被叫 Paging 时间过长，从主叫发出 INVITE 到被叫收到寻呼消息，中间间隔接近 6s。

(2) 联合 MME 进行用户消息跟踪, 发现 MME 上开启了智能寻呼功能, 意指寻呼先从 LAST eNodeB 进行寻呼; 寻呼不到之后, 才在整个 TA 上寻呼。此功能的开启会造成二次寻呼在 5~6s 后才能成功。对于相对静止的用户, 可以起到降低基站寻呼负荷的作用, 但会大大提高寻呼时延大于 3s 的概率。

解决方法:

关闭针对 VoLTE 的智能寻呼, MME 可以针对 QCI、APN 等参数实现不同的 Paging 优先级。对于 VoLTE 业务, 可以通过 APN 来实现 TA 级寻呼, 而现网其他数据业务的寻呼策略保持不变。

经过重新测试和分析, 整体接入时延缩短 100ms。

10.10 VoLTE MOS 类案例

考点介绍

分析案例, 能够给出 VoLTE MOS 值低问题的排查思路。

10.10.1 对端上行问题导致语音 MOS 值低

用户投诉: 使用 VoLTE 语音业务时, 断断续续听到, 基本无法通话。请给出问题排查思路。

问题分析:

主叫侧的关键统计信息, 如表 10-16 所示。

表 10-16 主叫侧的关键统计信息

用户面流开始时间	用户面流持续时长 (ms)	编/解码类型	上行编/解码平均速率	下行编/解码平均速率	下行通话全程 IPMOS	由 RTP 得到的下行抖动	由 RTP 得到的下行总包数	由 RTP 得到的下行丢包数	由 RTP 得到的下行丢包率
2016-01-15 16:52:46	112 348	AMR_WB	20.6 538	12.65	3.0 231	1	3458	288	8.33%
2016-01-15 16:54:53	230 680	AMR_WB	18.2 405	12.65	2.602	26	6815	1120	16.43%
2016-01-15 16:59:04	578 303	AMR_WB	21.7 718	12.65	3.9 236	0	15 117	154	1.02%

前两次通话, 主叫 S1-U 接口的下行丢包率为 8.33%、16.43%, 造成明显的通话质量变差; 第三次通话, 主叫 S1-U 接口下行也存在少量丢包。

通过对 S1-U 的语音质量测量, 丢包发生在被叫终端到主叫 S1-U 的采集节点。

定位结果:

被叫侧的基站存在问题, 导致丢包严重。

10.10.2 本端下行问题导致语音 MOS 值低

用户投诉: VoLTE 语音的通话质量非常差。请给出问题排查思路。

问题分析:

投诉用户侧的关键统计信息，如表 10-17 所示。

表 10-17 投诉用户侧的关键统计信息

用户面流开始时间	用户面流持续时长 (ms)	结束小区信息	编/解码类型	上行编/解码平均速率	下行编/解码平均速率	由 RTCP 得到的下行总包数	由 RTCP 得到的下行丢包数	由 RTCP 得到的下行丢包率	由 RTP 得到的下行总包数	由 RTP 得到的下行丢包数	由 RTP 得到的下行丢包率
2016-01-12 15:58:50	100 358	4600010E27	AMR	12.2	12.2	1 834	324	17.67%	1 981	0	0.00%

投诉用户 S1-U 接口下行 RTP 没有丢包，但是投诉用户的终端反馈的上行 RTCP 报文显示，共丢失了 324 个 RTP 包，丢包严重，造成对方通话质量明显变差。丢包发生在投诉用户一侧的 S1-U 采集节点到被叫终端的下行方向，推测被叫侧无线下行传输问题。

10.10.3 VoLTE 用户呼叫 VoLTE 用户出现选择窄带编/解码导致 MOS 值低

在网络测试的过程中，MOS 值低的原因是被叫经常收到 CS Paging、发生 CSFB，导致编/解码选择了窄带 AMR。请给出问题排查思路。

问题分析:

在 VoLTE 业务路测过程中，经常出现被叫 CSFB 的情况，如图 10-22 的信令截图所示，收到 CS paging，然后开始 CSFB 的流程。

14:49:08.249	↓ RRCConnectionReconfiguration	DCCH_U
14:49:08.251	↑ RRCConnectionReconfigurationComplete	DCCH_U
14:49:08.372	↓ SysInfoType1	BCCH_S
14:49:08.373	↓ MasterInformationBlock	BCCH_L
14:49:08.375	↓ Paging	PCCH
14:49:10.599	↑ Extended Service Request	EPS MM
14:49:10.602	↑ ULInformationTransfer	DCCH_U
14:49:10.603	↓ RRCConnectionRelease	DCCH_U
14:49:10.753	↑ REGISTER	SIP
14:49:11.181	↑ CM Service Request	NAS MM
14:49:12.167	↓ Authentication Request	NAS MM
14:49:12.392	↑ Authentication Response	NAS MM
14:49:12.802	↑ Setup	NAS CC
14:49:13.426	↓ Call Proceeding	NAS CC
14:49:13.683	↓ Disconnect	NAS CC
14:49:13.685	↓ Release	NAS CC

Time	Events	Extra
14:49:07.821	Paging response success	0.148s
14:49:07.880	ERAB setup request	
14:49:07.882	ERAB setup success	
14:49:07.883	Service setup success	0.237s
14:49:08.201	ERAB abnormal release	
14:49:10.600	CSFB MO start	
14:49:10.604	RRC release	
14:49:10.606	IRAT L->G redirect start	
14:49:11.182	CSFB call proceeding	0.645s
14:49:12.804	IRAT L->G redirect success	2.134s

图 10-22 VoLTE 业务路测过程中被叫发生 CSFB

在 IMS 节点侧抓包分析，如图 10-23 所示。

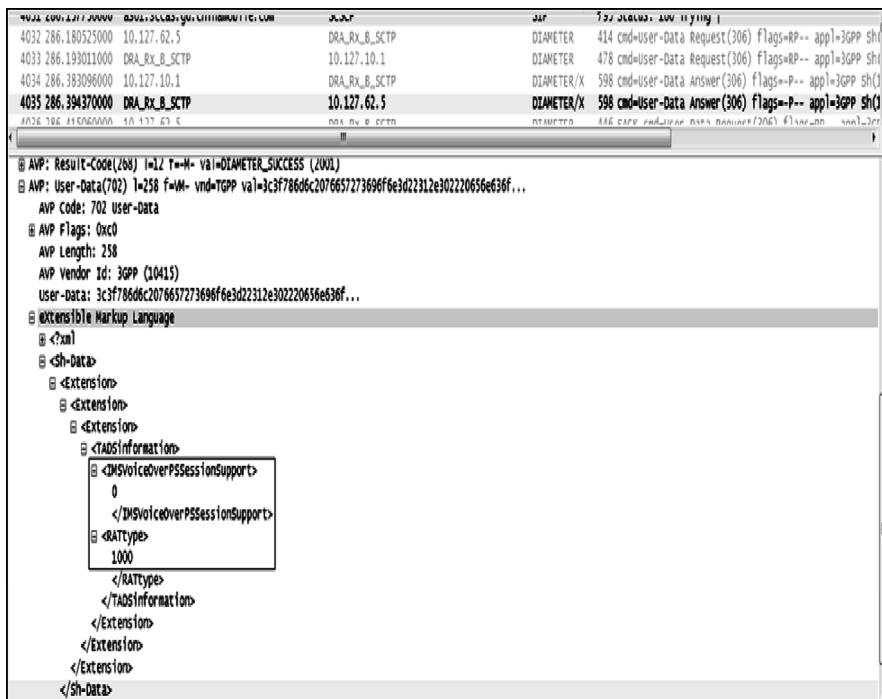


图 10-23 IMS 节点侧抓包分析

可以看到在主叫发起 Invite，收到 100TRYING 后，被叫侧的 183 消息中显示被叫侧选择了 AMR_NB 编/解码。

再追溯原因，发现被叫侧 SCCAS 在 TADS 查询的时候失败（原因为“diameter unable to comply”），如图 10-24 所示，从而导致 SCCAS 将被叫用户选到 CS 域。

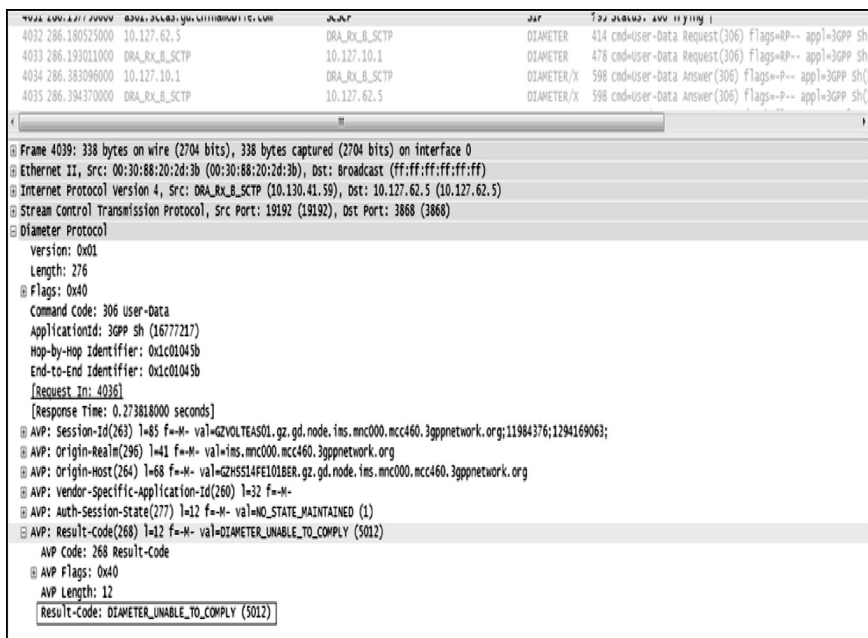


图 10-24 diameter unable to comply 截图

产生这个现象的原因如下：

(1) 被叫终端设置为 2G/3G/4G 模式，因而在经过某些 4G 弱信号点时，会在空闲态重选到 2G 网络，当回到 4G 信号好点时会自动返回 4G 模式。

(2) 2G 回到 4G 的过程中，4G TAU 流程中，MME 通过 HSS 向 HLR 发起 Cancel Location，清除用户原本在 2G 的位置信息。在 HSS 的默认配置里，HSS 以轮询方式选择 HLR1、HLR2 执行 Cancel Location 操作。由于 HSS1（包括 HLR1）VoLTE 调测并未完成，导致 HSS 选择 HLR1 进行 Cancel Location 时失败，用户在 2G 的位置信息会残留在系统中。

(3) 虽然该用户早已回到 4G 网络并成功注册，但 2G 位置信息残留在 HLR1 中，会导致被叫选到 CS 域，出现被叫 CSFB 的情况。

问题总结：

在调整 HSS 配置后解决，网络 Cancel Location 功能恢复正常，VoLTE 被叫域选择正确。4G 信号在好点时被叫也是 VoLTE，选择 AMR_WB 编/解码，MOS 值正常。

10.11 VoLTE 掉线类案例

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 VoLTE 掉线类问题的排查思路。

10.11.1 VoLTE 在 MME Pool 边界掉线

某网络中，出现一定数量由于切出准备失败导致的 VoLTE 掉线现象。请给出问题排查思路。

分析过程：

筛选出性能问题的 TOP 小区之后，根据优化流程，首先确认这些小区的相邻小区是否打开 VoLTE/VoIP 算法开关，随后将 TOP 小区进行地理化分布后发现，绝大多数小区分布在该网络的 MME Pool 边界附近，如图 10-25 所示。其次发现 TOP 小区大多数归属于 E 公司的 MME Pool，初步判断，该问题与跨厂商 MME 切换相关；对相关小区的信令跟踪发现，切换目标小区全部归属于 N 公司的 MME Pool。

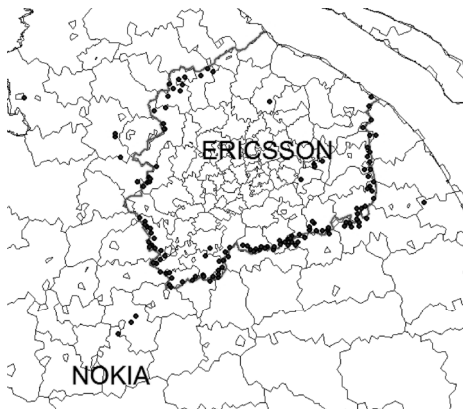


图 10-25 由于切出准备失败导致的 VoLTE 掉线小区地理化分布

切换请求（Handover Required）命令 Container 中包含了三个无线承载：QCI=1、5、9，然而 MME 回复：对端网元仅支持 QCI=5、9。因此，基站在随后的重配置命令中，释放 QCI1 无线承载，同时将 QCI=5、9 两个无线承载切换至目标小区。

一般而言，MME 下发的可支持无线承载列表只是转发目标系统的回复，本身不做任何额外操作。因此，主要问题可判断为，E 公司 MME 和 N 公司 MME 间交互的异常流程。

将本问题提交核心网部门后定位发现，问题的根本原因是 N 公司 MME 对某一批次用户切入请求，创建包含 QCI1 的用户上下文时，内存溢出，无法建立 QCI1 承载，将只能建立 QCI=5、9 两个无线承载的信息传递给 E 公司 MME。待 N 公司 MME 进行热补丁升级后，该问题解决。

10.11.2 核心网异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线

对某一线城市的 VoLTE 掉线原因分析发现，由于核心网异常释放用户上下文，导致 VoLTE 掉线的占比竟然达到 90%。因此，该问题成为网络中最严重的影响性能指标和用户感知的问题。请给出问题排查思路。

分析过程：

对本问题进行定位发现，使用常用的小区级跟踪方法无效，基本无法明确核心网异常释放用户上下文的原因。对该问题高发区域进行 DT 遍历测试，同时记录终端 Log 及网络侧用户级别的跟踪（基于 IMSI），终于获取到异常的业务流程，如图 10-26 所示。

广胜HL1H	31/03/2016 16:54:17 (968)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:18 (447)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:18 (542)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:18 (702)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:18 (932)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:19 (363)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:19 (411)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:19 (917)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:20 (278)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:20 (281)	RRC_CONN_RECFG	发送到UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (817)	RRC_CONN_REQ	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (818)	RRC_CONN_SETUP	发送到UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (852)	RRC_CONN_SETUP_CMP	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (852)	S1AP_INITIAL_UE_MSG	发送到MME	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (873)	S1AP_UE_CONTEXT_REL_CMD	接收自MME	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (874)	S1AP_INITIAL_CONTEXT_SETUP_REQ	接收自MME	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (875)	S1AP_UE_CONTEXT_REL_CMP	发送到MME	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (886)	RRC_SECUR_MODE_CMD	发送到UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (886)	RRC_CONN_RECFG	发送到UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (912)	RRC_SECUR_MODE_CMP	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (947)	RRC_CONN_RECFG_CMP	接收自UE	103267
广胜HL1H	31/03/2016 16:54:22 (947)	S1AP_INITIAL_CONTEXT_SETUP_RSP	发送到MME	103267

图 10-26 核心网异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线的网络侧信令跟踪

从网络侧跟踪 Log 分析，终端在 PCI=39 小区频繁上报 MR（16:54:17.968 至 16:54:20.278），其中，有若干条是要求切换至 PCI=40 小区的。基站在 16:54:20.281 下发切换命令后 2.5s 左右终端无响应，判断并未收到该消息。

随后，终端在 16:54:22.817 向新的小区（PCI=40）发起 RRC 连接请求，并且在之后向核心网发送的初始直传消息中，使用了原先已经分配的 S-TMSI，同时申请建立三个

无线承载：QCI=1、5、9。

核心网检测到该用户在其他小区（PCI=39）存在尚未释放的用户上下文，因此首先对 PCI=39 小区下发 UE Context Release Command。随后核心网再向新的小区（PCI=40）下发初始上下文建立请求，同时建立三个无线承载。

然而，仅依靠网络侧 Log，无法判断终端向新的小区发起 RRC 连接请求的原因，必须借助终端侧 Log，如图 10-27 所示。

16:54:20.260	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
16:54:20.377	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_DCCH / RRCConnectionReconfiguration
16:54:20.400	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / RRCConnectionReconfigurationComplete
16:54:20.411	0xB167	LTE Random Access Request (MSG1) Report	
16:54:20.419	0xB168	LTE Random Access Response (MSG2) Report	
16:54:20.419	0xB169	LTE UE Identification Message (MSG3) Report	
16:54:20.771	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
16:54:20.891	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
16:54:20.957	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformationBlockType1
16:54:21.047	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
16:54:21.091	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
16:54:21.091	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
16:54:21.130	0xB167	LTE Random Access Request (MSG1) Report	
16:54:21.141	0xB168	LTE Random Access Response (MSG2) Report	
16:54:21.141	0xB169	LTE UE Identification Message (MSG3) Report	
16:54:21.255	0xB16A	LTE Contention Resolution Message (MSG4) Report	
16:54:21.270	0xB167	LTE Random Access Request (MSG1) Report	
16:54:22.849	0xB0ED	LTE NAS EMM Plain OTA Outgoing Message	Service Request Msg
16:54:22.854	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_CCCH / RRCConnectionRequest
16:54:22.910	0xB167	LTE Random Access Request (MSG1) Report	
16:54:22.919	0xB168	LTE Random Access Response (MSG2) Report	
16:54:22.919	0xB169	LTE UE Identification Message (MSG3) Report	
16:54:22.932	0xB16A	LTE Contention Resolution Message (MSG4) Report	
16:54:22.932	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_CCCH / RRCConnectionSetup
16:54:22.939	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / RRCConnectionSetupComplete
16:54:22.946	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_CCCH / RRCConnectionSetup
16:54:22.999	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_DCCH / SecurityModeCommand
16:54:23.001	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / SecurityModeComplete
16:54:23.002	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_DCCH / RRCConnectionReconfiguration
16:54:23.006	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / RRCConnectionReconfigurationComplete

图 10-27 核心网异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线的终端侧信令跟踪

从终端侧 Log 观察，终端在 16:54:20 上报了若干条 MR，但未收到基站下发的切换命令，随后在 16:54:21.130 检测到 Radio Link Failure，需要在本小区重新开始随机接入流程，但该流程因为竞争冲突而失败，终端处于下行失步的状态。终端在进行小区重选后，重选至 PCI=40 小区，并且在该小区重新发起了 RRC 连接请求。

综上所述，通过网络侧和终端侧两个 Log 的对比，由于核心网原因造成的 QCI=1 异常释放的根本原因是终端遭遇到短暂的无线链路中断问题，在这里是切换不及时和重新同步过程中的随机接入失败。终端通过新的小区重新申请建立无线承载，而导致核心网释放用户上下文，其主要原因并非在于核心网，而在于无线网络。

这里所述的掉线情况，终端和网络一般可以在较短时间内重新恢复无线链路，然而用于承载语音的数据包（RTP 包）的传送肯定会受到影响。在本案例中，下行 RTP 包的传输中断了 2.7s，如图 10-28 所示，在此期间，用户无法听到任何声音，业务感知明显受到影响。

16:54:20.334	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS >>> MS
16:54:20.890	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:21.050	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:21.209	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:21.370	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:21.529	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:21.689	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.269	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.429	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.490	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.510	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.529	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.549	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.569	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.589	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.609	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.850	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.869	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.889	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.909	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.929	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.950	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.970	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:22.990	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:23.010	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS <<< MS
16:54:23.094	0x1569	IMS RTP Packet Loss	
16:54:23.097	0x1568	IMS RTP SN and Payload	BS >>> MS

图 10-28 下行 RTP 包的传输中断 2.7s

10.11.3 基站异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线

基站异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线。请给出问题排查思路。

分析过程：

该问题 TOP 小区信令跟踪如图 10-29 所示。

广胜HL1H	31/03/2016 18:08:04 (56)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:04 (955)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:05 (75)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:05 (95)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:05 (145)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:05 (225)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:06 (55)	RRC_MEAS_RPRT	接收自UE
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:36 (4)	S1AP_UE_CONTEXT_REL_REQ	发送到MME
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:36 (12)	S1AP_UE_CONTEXT_REL_CMD	接收自MME
广胜HL1H	31/03/2016 18:08:36 (13)	S1AP_UE_CONTEXT_REL_CMP	发送到MME

图 10-29 基站异常释放用户上下文导致 VoLTE 掉线的网络侧信令跟踪

时间点 18:08:36.4 基站向核心网发送 UE Context Release Request 消息，要求释放用户上下文（原因值为 radio connection with UE lost），可以观察到在此之前基站收到的最后一条上行消息，与本条消息之间存在较大的时间间隔，约 30s。由此初步判断，由于上行无线链路失步造成。

观察终端侧 Log 如图 10-30 所示，发现时间点 18:08:05.495 的 MR 为最后一条成功传输的上行消息，基本与网络侧跟踪情况相一致，但是后续的 MR 消息都因为没有收到层 2 的 ACK 确认而尝试反复上报，然而始终无法收到网络侧的确认消息。

上报多次后，RLC 层 Max Retransmission 计数器超时，终端判断发生无线链路失败（18:08:09.027），尝试重选至周边小区，但因为电平质量太差，无法读取系统消息而重选失败。

经过较长一段时间后，大约在 18:08:41，终端终于重选至合适的小区，并且重新发起业务请求，如图 10-31 所示。

18:08:05.015	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:05.495	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:05.975	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:06.229	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	PCCH / Paging
18:08:06.455	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:06.935	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:07.415	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:07.895	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:08.374	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:08.594	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / MeasurementReport
18:08:08.789	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	PCCH / Paging
18:08:09.027	0x1FFB	Event	EVENT_LTE_RRC_RADIO_LINK_FAILURE
18:08:09.027	0x1FFB	Event	EVENT_LTE_RRC_RADIO_LINK_FAILURE_STAT
18:08:09.676	0xB0C1	LTE RRC MIB Message Log Packet	
18:08:09.766	0xB0C1	LTE RRC MIB Message Log Packet	
18:08:09.836	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformationBlockType1
18:08:09.914	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:10.113	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:10.122	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:10.122	0x1FFB	Event	EVENT_LTE_RRC_CELL_BLACKLIST_IND
18:08:10.516	0xB0C1	LTE RRC MIB Message Log Packet	
18:08:10.737	0x1FFB	Event	EVENT_LTE_RRC_SIB_READ_FAILURE
18:08:10.738	0x1FFB	Event	EVENT_LTE_RRC_CELL_BLACKLIST_IND

图 10-30 基站异常释放用户上下文导致 VoLTE 业务掉线的终端侧信令跟踪

18:08:41.734	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformationBlockType1
18:08:41.734	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:41.734	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:41.734	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformation
18:08:41.752	0xB0C2	LTE RRC Serving Cell Info Log Pkt	
18:08:41.759	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	BCCH_DL_SCH / SystemInformationBlockType1
18:08:41.766	0xB0C1	LTE RRC MIB Message Log Packet	
18:08:41.830	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_CCCH / RRCConnectionRequest
18:08:41.907	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	DL_CCCH / RRCConnectionSetup
18:08:41.914	0xB0C0	LTE RRC OTA Packet	UL_DCCH / RRCConnectionSetupComplete

图 10-31 VoLTE 业务掉线后终端重新发起业务请求

由上可知，由基站发起的用户上下文异常释放导致 VoLTE 业务掉线，是因为基站与终端在较长时间范围失去联络，最终触发上行失步、RLC SRB 复位、空口无响应、切换执行失败等多个定时器中的某一个超时，从而导致掉线。

基站厂商为了保证指标的良好，往往将这些定时器的默认值设置得比较长（30s 左右）。由于终端处于非常差的无线环境，无法快速通过小区重选至周边小区恢复无线链路，用户感知受损情况十分严重。

10.12 VoLTE 切换类案例

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 VoLTE 切换类问题的排查思路。

10.12.1 异系统外部小区定义错误导致 eSRVCC 成功率低

Cell_A 出现较严重的 eSRVCC 成功率低的问题，如表 10-18 所示。请给出问题排查思路。

表 10-18 小区向特定 GERAN 邻区的 eSRVCC 切换问题

日期	本地小区名称	目标 MCC	目标 MNC	目标小区标识	目标 LAC	eUTRAN 向 GERAN 特定两小区间切出尝试次数	eUTRAN 向 GERAN 特定两小区间切出成功次数	eUTRAN 向 GERAN 特定两小区间切出执行次数
2016/4/6	Cell_A	460	00	4 627	6 150	69	0	0
2016/4/5	Cell_A	460	00	4 627	6 150	32	0	0
2016/3/29	Cell_A	460	00	4 627	6 150	1	0	0

分析过程：

通过观察该小区向特定 GERAN 邻区的两小区 eSRVCC 切换测量指标，发现向 LAC 6 150 的 4 627 小区尝试了 102 次切换请求，并且全部失败。

由此初步判断，该 GERAN 邻区的外部小区定义有误。

通过核查该本地网 GSM 小区工参发现，由于优化原因，小区 4 627 已经由 LAC 6 150 割接至 LAC 6 280，从而导致 eSRVCC 准备失败。

10.12.2 小区间乒乓切换

UE1 在 F1 频点 PCI=88 的小区 and F2 频点 PCI=124 的小区之间来回切换，如图 10-32 所示。请给出问题排查思路。

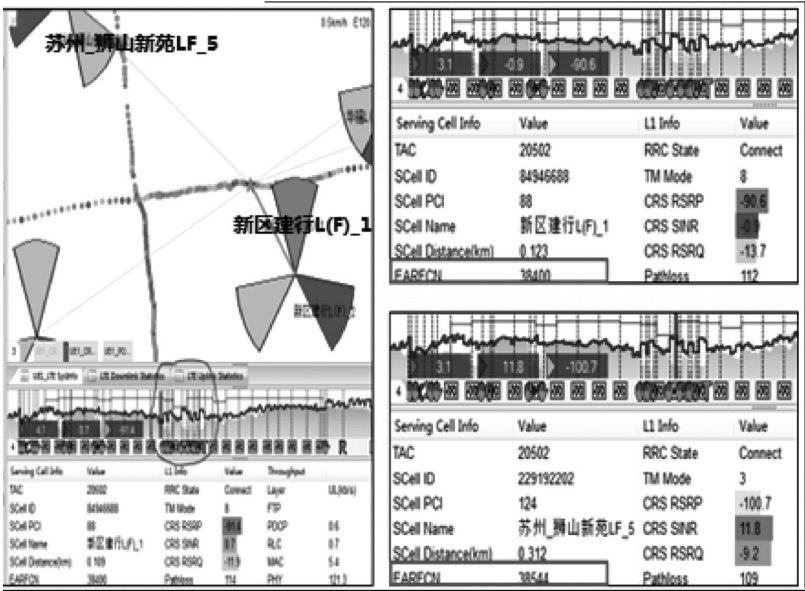


图 10-32 小区间乒乓切换示例

问题分析:

该网络的切换策略是 VoLTE 业务态优先占用 F2 频点。但具体配置为：UE 从 F1 小区移动到 F2 小区，上报了 A3 事件，在 F2 小区电平为 -103dBm 时，切入了 F2 小区。F2 小区的默认 A2 事件为 -100dBm ，当 F2 信号不好时，很快又满足 A2 事件启动测量，通过异频 A3 事件切出到 F1 小区。过程如图 10-33 所示。

- ① UE 从 F1 小区向 F2 小区移动，在 F2 小区为 -103dBm 时，切入 F2 小区；
- ② 在 F2 小区中，A2 门限为 -100dBm ，启动测量，上报 A3，切入 F1 小区；
- ③ 在乒乓切换区域，此过程反复进行。

问题总结:

通过频点偏置占用 F2 频点时，需要检查有无乒乓切换路段，通过降低 A2，保证 F2 频点正常占用。

处理结果

调整频点偏置后顺利占用 F2 频点，具体如图 10-34 所示。

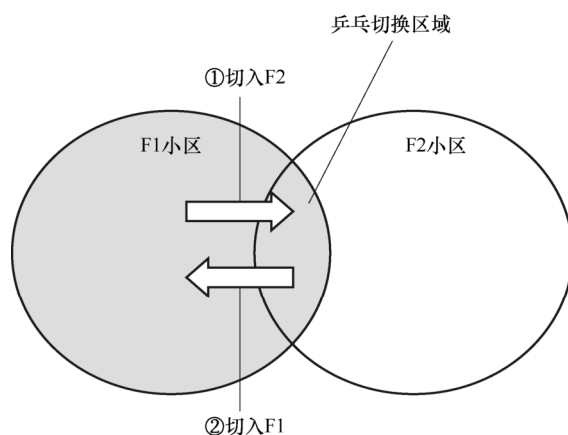


图 10-33 乒乓切换

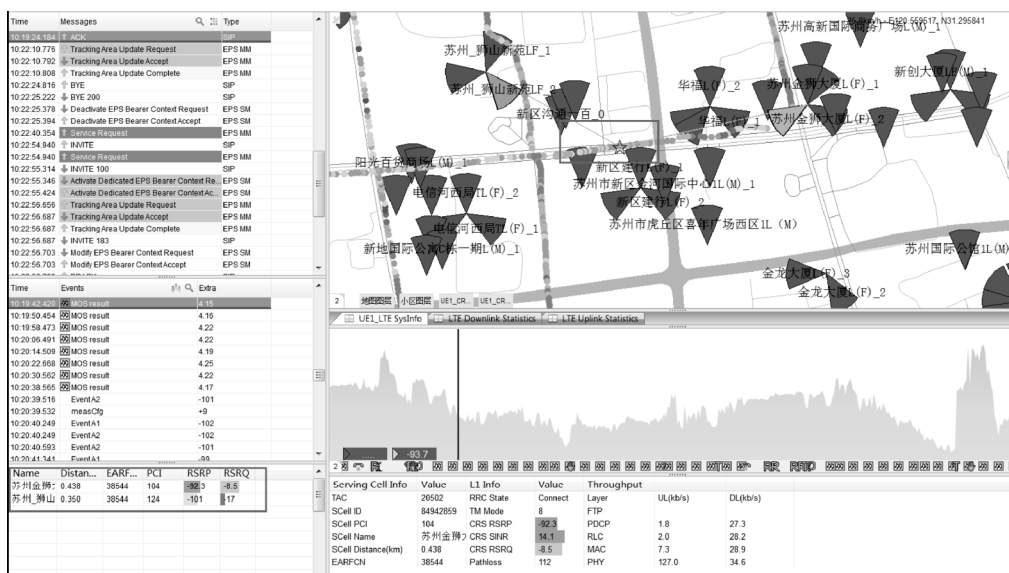


图 10-34 问题处理后的结果

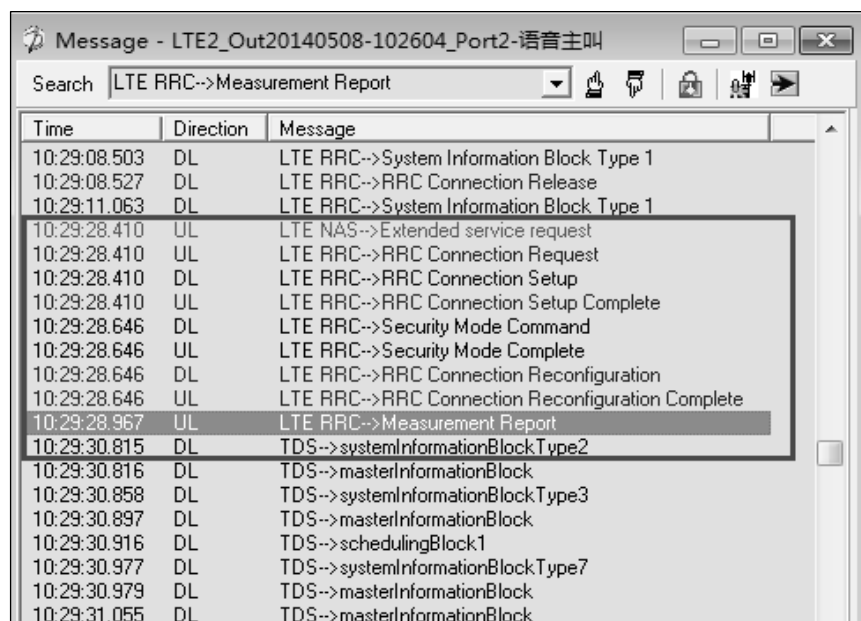
10.13 CSFB 类案例

考 点 介 绍

分析案例，能够给出 CSFB 类问题的排查思路。

10.13.1 UE 未收到 Release 消息重选到 TD-SCDMA

某市移动公司通过两部 iPhone 5s 互拨发现主、被叫均出现概率性回落到 3G 的情况。通过鼎力软件分析发现，终端在发起 Extended Service Request 后，没有收到 RRC Connection Release 消息，之后重选到 3G，如图 10-35 所示。请给出问题排查思路。



Time	Direction	Message
10:29:08.503	DL	LTE RRC->System Information Block Type 1
10:29:08.527	DL	LTE RRC->RRC Connection Release
10:29:11.063	DL	LTE RRC->System Information Block Type 1
10:29:28.410	UL	LTE NAS->Extended service request
10:29:28.410	UL	LTE RRC->RRC Connection Request
10:29:28.410	DL	LTE RRC->RRC Connection Setup
10:29:28.410	UL	LTE RRC->RRC Connection Setup Complete
10:29:28.646	DL	LTE RRC->Security Mode Command
10:29:28.646	UL	LTE RRC->Security Mode Complete
10:29:28.646	DL	LTE RRC->RRC Connection Reconfiguration
10:29:28.646	UL	LTE RRC->RRC Connection Reconfiguration Complete
10:29:28.967	UL	LTE RRC->Measurement Report
10:29:30.815	DL	TDS->systemInformationBlockType2
10:29:30.816	DL	TDS->masterInformationBlock
10:29:30.858	DL	TDS->systemInformationBlockType3
10:29:30.897	DL	TDS->masterInformationBlock
10:29:30.916	DL	TDS->schedulingBlock1
10:29:30.977	DL	TDS->systemInformationBlockType7
10:29:30.979	DL	TDS->masterInformationBlock
10:29:31.055	DL	TDS->masterInformationBlock

图 10-35 主叫没有收到 RRC Connection Release 消息重选到 3G

问题分析：

提取该时段 CDL（呼叫详细日志），发现基站侧向 UE 发起 RRC Connection Release 消息（携带了 G 网频点信息），如图 10-36 所示。

查看小区状态均正常，无上行干扰，通过去激活或激活小区的操作无效；通过与正常站点的参数核查对比，最后发现 LTE 服务小区 D780401 的 DRX 功能开启指示为“打开”，而 DRX 配置信息中的 DRX 配置有效指示为“关闭”。

解决方案：

将 D780401 小区的 DRX 配置有效指示修改为打开。如图 10-37 所示。

激活定时器时长：由 6 调整为 8。非激活定时器时长：由 10 调整为 60。重传定时器时长：由 8 调整为 4。长 DRX 周期调整为 160，CSFB 就不再回落到 3G。

服务小区修改 DRX 参数配置信息前如图 10-38 所示，DRX 功能开启指示为“开启”，

DRX参数									
实例描述	DRX配置有效指示	DRX起点偏移	激活定时器时长	非激活定时器时长	重传定时器时长	长DRX周期	短DRX周期	短周期定时器时长	DRX短周期配置有效指示
小区本地ID0QCI值1	关闭	10	6	10	8	320	10	10	无效
小区本地ID0QCI值2	关闭	10	6	10	8	20	10	10	无效
小区本地ID0QCI值3	关闭	10	6	10	8	10	10	10	无效
小区本地ID0QCI值4	关闭	10	6	10	8	160	10	10	无效
小区本地ID0QCI值5	关闭	10	6	10	8	20	10	10	无效
小区本地ID0QCI值6	关闭	10	6	10	8	160	10	10	无效
小区本地ID0QCI值7	关闭	10	6	10	8	20	10	10	无效
小区本地ID0QCI值8	关闭	10	6	10	8	160	10	10	无效
小区本地ID0QCI值9	关闭	10	6	10	8	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值1	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值2	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值3	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值4	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值5	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值6	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值7	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值8	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID1QCI值9	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值1	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值2	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值3	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值4	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值5	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值6	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值7	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值8	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效
小区本地ID2QCI值9	开启	10	8	60	4	160	10	10	无效

图 10-39 修改 DRX 参数配置信息后

效果验证：

调整后可以正常回落到 GSM 网络；通过调整前、后大量的测试数据对比，可以确定空口丢失 RRC Connection Release 消息是由于 DRX 功能开启指示开关与 DRX 配置有效指示开关设置不一致导致的。

10.13.2 MME 配置 TA 与 LA 映射错误导致开机联合注册失败

CSFB 手机开机后，尝试在 4G/2G 网络进行联合附着；联合附着失败后，UE 从 LTE 网络 Detach，并且接入 TD-SCDMA 网络。请给出问题排查思路。

问题分析：

核查终端 Attach Accept 消息，发现 EMM Cause: MSC temporarily not reachable (MSC 注册失败)；LAC: 17。

检查 MSC 设备为正常工作状态，初步判断问题出现在 MME 向 MSC 登记流程中。

进一步检查发现 LAC: 17 不是 MSC 下真实的位置区，MSC 下没有 LAC 为 17 的配置数据，从而导致 MME 不能向 MSC 登记。

协议规定，若 UE 收到 EPS only 的附着且 EMM Cause: MSC temporarily not reachable 的 Attach Accept，UE 将进行 5 次 TAU 尝试，5 次 TAU 失败后，将关闭 LTE 能力，接入 2G/3G 双模状态。

解决方案：

将 MME 中配置的与 TA 映射的 2G LAC 更改为真实存在的 MSC 下 LAC: 21，从而使得 UE 发起联合附着后，MME 能够根据正确的 LAC: 21 完成向 MSC 的登记，从而完成附着过程。

效果验证：

修改 MME 中 TA 映射的 LA 后，终端可以在 LTE 网络进行联合附着并驻留，Attach Accept 消息中的 EMM Cause 为空，LAC 为 21，配置正确。

模拟题及参考答案

模拟题 1

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. ICIC 算法中文上被称为_____算法。
2. QoS 的承载类型分为：专用承载和_____承载。
3. 20M 带宽是指频带带宽是_____个 PRB。
4. 检验无线网络规划效果的是规划软件的_____功能。
5. MME 与 SGW 之间的接口是_____。
6. PCCH 信道使用的是_____方案。
7. PBCH 周期为_____ms，该周期内每_____ms 重复发送一次，终端可以通过任一次接收解调出 BCH。
8. LTE 小区搜索步骤为_____、_____、_____。
9. 目前现网中，LTE 同频切换主要通过_____事件进行触发。
10. 因为 LTE 没有电路域，VoLTE 需要基于_____提供 IP 语音业务，即 VoLTE (Voice over LTE)。
11. VoLTE 的信令和媒体经_____路由至 IMS 网络，由_____提供会话控制和业务逻辑。

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. 4G 高清语音与其他没有开通 4G 高清语音的客户可以直接通话。 ()
2. TM3、TM4 支持双流传输，吞吐量低于 TM2，但抗干扰能力高于 TM2。 ()
3. 对于业务信道，8 天线相对 2 天线有 3~4dB 的增益（若考虑干扰余量则增益更大）。 ()
4. PSCH 和 SSCH 只用于同步和小区搜索，不承载层 2 和层 3 的任何信令，属于物理层信号。 ()
5. eUTRAN 仅由演进后的 eNodeB 组成，eNodeB 之间通过 X2 接口互联，eUTRAN 系统和 EPC 之间通过 S1 接口互联。S1 接口不支持“多对多”连接方式。 ()
6. Attach 时延指的是 UE 从 PRACH 接入到网络注册完成的时间。 ()
7. E-MBMS 是下一代无线接入网络 LTE 中的一种传播技术，同时向网络中所有的用户或某一部分用户群体发送高速的多媒体数据业务。 ()
8. eNodeB 之间通过 X2 接口通信，进行小区间优化的无线资源管理。 ()
9. 采用高阶天线 MIMO 技术和正交传输技术可以提高小区边缘性能。 ()

10. LTE 上行 HII 指示和下行 RNTP 指示属于 Re-active ICIC。 ()
11. LTE 上行功控主要用于补偿信道的路径损耗和阴影,并且用于抑制小区间的干扰。 ()
12. LTE 上行仅仅支持 MU-MIMO 这一种 MIMO 模式。 ()
13. TD-LTE 上/下行在不同频点,抗干扰能力强,对重叠覆盖不敏感。 ()
14. LTE 网络测试覆盖率= $\text{RSRP} \geq -110\text{dBm}$ 且 $\text{SINR} \geq -3\text{dB}$ 的采样点/总采样点 $\times 100\%$ 。 ()
15. 对于同一个基站的邻区的 PCI 是可以相同的。 ()

三、单选题 (每题 1 分,共 15 分)

1. 在 MIMO 模式,哪个因素对数据流量影响最大? ()
- A. 天线尺寸 B. 天线高度
- C. 发射和接收端的最小天线数目 D. 天线型号
2. 以下对于 LTE 功率控制描述不正确的是 ()。
- A. 功率控制通过调整发射功率,使业务质量刚好满足 BLER (Block Error Rate) 要求,避免功率浪费
- B. LTE 干扰主要来自同频邻区,功率控制可减小对邻区的干扰
- C. 上行功率控制可以有效减少 UE 电源消耗
- D. LTE 干扰主要来自小区内用户,功率控制可减小小区内的干扰
3. 网络中相邻小区存在 PCI 模 3 冲突,哪些指标会变差? ()
- A. RSRP B. RSSI C. RS-SINR D. PCI
4. 影响 TD-LTE 小区间干扰的因素不包括 ()。
- A. TA B. 小区频率 C. PSS ID D. SSS ID
5. RRC 连接建立成功次数统计触发的信令是 ()。
- A. RRC Connection Setup
- A. RRC Connection Request
- B. RRC Connection Setup Complete
- C. RRC Connection Reconfiguration Complete
6. 同频小区重选参数 cellReselectionPriority 通过哪条系统消息广播? ()
- A. 系统消息 1 B. 系统消息 3 C. 系统消息 5 D. 系统消息 2
7. 下行 PDCCH 和 PHICH 的映射范围由 () 信道决定。
- A. PCFICH B. PRACH C. PDCCH D. PDSCH
8. 以下说法正确的是 ()。
- A. 如果采用 TD-LTE 系统组网,则必须采用 8 天线规模建网,2 天线不能独立建网
- B. 一个时隙中,频域上连续的宽度为 150kHz 的物理资源称为一个资源块
- C. 缩小宏站的覆盖距离,不一定能提升覆盖性能
- D. 链路预算的覆盖半径是由中心用户速率要求确定的
9. 在 A5 事件中,要加快服务小区向目标小区切换,以下说法正确的是 ()。
- A. 增加 A5 门限 1,同时增加 A5 门限 2
- B. 增加 A5 门限 1,同时减小 A5 门限 2

- C. 减小 A5 门限 1, 同时增加 A5 门限 2
D. 减小 A5 门限 1, 同时减小 A5 门限 2
10. 覆盖估算和容量估算关联的是哪个参数? ()
A. 切换增益 B. 处理增益
C. 干扰余量 D. 阴影衰落余量
11. 高阶调制增益受什么影响较大? ()
A. 信道条件 B. 覆盖 C. 干扰 D. 天线高度
12. 高校园区在室分规划中, 属于 () 场景。
A. 覆盖受限 B. 容量受限 C. 干扰受限 D. 终端受限
13. 根据特定组网需要, 期望 UE 较早进行同频小区测量时, 可以通过调整下列哪个参数实现? ()
A. Sintrasearch B. Sintersearch
C. Qhystls D. 小区个性偏移
14. 根据协议, T310 定时器的默认值为 ()。
A. 100ms B. 200ms C. 500ms D. 1 000ms
15. 四天线 MIMO 模式不适合高速场景, 主要因为 ()。
A. 信道估计精度不够 B. 施工困难
C. 分集增益低 D. 频偏过大

四、多选题 (每题 2 分, 共 30 分)

1. TD-LTE 路测指标输出中, 关注的时延指标是 ()。
A. 开机时延 B. 控制面时延
C. 切换时延 D. 用户面时延
2. TD-LTE 系统中, 关于邻区漏配现象判断, 下列叙述不正确的是 ()。
A. 测量控制中有邻区 PCI 信息, 测量报告中无邻区 PCI 信息, UE 会尝试切换到其他小区
B. 测量控制中有邻区 PCI 信息, 测量报告中有邻区 PCI 信息, UE 不会尝试切换到其他小区
C. 测量控制无邻区 PCI 信息, 测量报告中有邻区 PCI 信息, UE 会尝试切换到其他小区
D. 测量控制有邻区 PCI 信息, 测量报告中有邻区 PCI 信息, UE 不会尝试切换到其他小区
3. TDL 基站站址设计一般应满足下列 () 要求。
A. 在不影响网络结构的情况下, 尽量选择现有的站址, 以利用其机房电源铁塔等设施
B. 将天线的主瓣方向指向高话务密度区, 可以加强该地区的信号强度, 从而提高通话质量
C. 郊区海拔很高的山峰一般考虑作为站址
D. 针对公路及山区覆盖进行选址时, 要充分利用地形特点, 如公路拐弯处等开

阔的地方

4. TM RLC 实体通过以下哪个逻辑信道发送/接收 RLC PDU? ()
A. PDCH B. BCCH C. DL/UL CCCH D. PCCH
5. TD-LTE 小区系统内干扰可能来自哪些区域? ()
A. 存在模 3 干扰的相邻基站同频小区
B. 不存在模 3 干扰的相邻基站同频小区
C. 共站其他同频邻区
D. 存在模 3 干扰的相邻基站异频小区
6. () 和 () 是移动性管理、信道质量测量、信道估计的重要参数。
A. RSRP B. RSRQ C. CINR D. SINR
7. () 仅用于波束赋形模式, 用于 UE 解调; () 用于下行信道估计及非 beamforming 模式下的解调、调度上下行资源及切换测量。
A. DMRS B. DRS C. SRS D. CRS
8. 2G-LTE 系统间重选的相关消息在下面哪些消息中广播或发送? ()
A. SI2Quatermessage B. PacketMeasurementOrder (PMO)
C. SI2QissentonPACCH D. SIB1
9. 在 LTE R8 中, 支持的天线模式有 ()。
A. 发射分频 B. 开环 MIMO
C. 单流波束赋形 D. 双流波束赋形
10. 4G 附着跟 3G 附着的区别有 ()。
A. EPS 在附着过程中会建立默认承载
B. UE 在附着过程中上报的临时标识不同
C. QoS 协商机制不同
D. APN 域名的解析格式不同
11. A3 和 A5 事件的判决条件都包含的参数有 ()。
A. Hys B. Ocn C. Off D. Thres
12. ACLR 是邻道泄漏, 它是指 () 发射信号落入到被干扰接收机通带内的能力。
A. 邻道 B. 带外 C. 带内 D. 交调
13. AS 层的安全性能包括哪两部分? ()
A. SRBs 的完整性保护 B. SRBs 和 DRBs 的加密
C. RBs 的加密 D. RBs 的完整性保护
14. Atoll 规划仿真中使用的电子地图主要包含哪些数据? ()
A. Clutter B. Height C. Vector D. Traffic
15. LTE 操作维护系统的配置管理功能, 说法正确的是 ()。
A. 管理全网所有网元设备硬件和软件的配置数据或局数据
B. 管理的网元对象可以是 eNodeB 设备及相关链路
C. 能够查询网管系统本身设备 (包括数据库服务器、应用服务器等) 的配置信息, 包括主机名、IP、端口、操作系统、软件版本等

- D. 对 eNodeB 的数据配置管理，包括传输小区配置、小区频点配置、邻小区配置、信道配置、基站自启动、PCI 自优化、自动邻区优化等。

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. S-TMSI 和 IMSI 两种寻呼（Paging）有什么区别？
2. 请列举出影响切换成功率的因素（至少 5 项）。
3. 请列出越区覆盖的应对措施（至少 5 项）。

六、案例分析题（共 10 分）

某区网格在 6 月份的 VoLTE 测试中，VoLTE 呼叫建立时延在 4.8s，与省公司的 2.4s 左右相差甚远。通过优化呼叫建立时延从 4.8s 优化到 2.5s，接近省公司的要求，取得了满意效果。根据上述信息，给出问题排查思路和可能的解决方案（三条以上）。

模拟题 2

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 广播 intra-frequency 邻区重选关系的系统消息是_____。
2. 2G/3G 呼叫时延 5~8s, VoLTE 呼叫时延_____s。
3. AME_NB 有_____种语音编码率, AME_WB 有_____种语音编码率。
4. 3GPP TS 25.814 给出的 VoIP 容量定义: 如果一个用户 98%以上(含 98%)的 VoIP 通话期语音包在空口的传输时延小于或等于_____, 则该用户是满意用户。
5. 无线通信方式主要有单工、半双工和_____三种方式。
6. 同步信号包括_____和_____。
7. RLC 实体类型有_____, _____和 TM 。
8. 2G/3G 网络中 SGSN 的功能在 4G 网络中由_____和_____完成。
9. Gx 接口基于_____协议。
10. MME 在下发寻呼消息时以_____为单位。
11. EPC 网络控制面协议主要基于 GTP-C 和 Diameter, 用户面主要基于_____协议。

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. LTE 小区搜索基于主同步信号和辅同步信号。 ()
2. E-MBMS 提出了 SFN 的概念, 即采用同一频率在所有小区同时发送(Simulcast), 但是要保证小区间的同步。 ()
3. eNodeB 上的 PDCP 子层对控制面数据进行完整性保护和加密处理。 ()
4. 在 A3 事件中, 要减少服务小区向目标小区切换, 可以增加切换迟滞 Hysterisis。 ()
5. LTE 上行 OI 指示属于 Pro-active ICIC。 ()
6. 波束赋形形成指向目标接收机的波束, 可以提升小区边缘下行吞吐率, 提高波束指向上的功率, 并且抑制其他位置上的干扰, 可以适用于高速移动环境。 ()
7. 部分频率复用 FFR 结合功控来进行。 ()
8. 采用高阶天线 MIMO 技术和正交传输技术可以提高平均吞吐量和频谱效率。 ()
9. LTE 的切换包括软切换和硬切换。 ()
10. 上行覆盖是否受限通常通过观测 UE 发射功率得到, 当 UE 发射功率达到最大时, 认为上行覆盖受限。 ()
11. 异频切换中。若 A2 门限设置过低, 将导致 UE 过早进行异频测量。 ()
12. LTE 中, 上行的参考信号包括 DMRS 和 Sounding RS。 ()
13. 一个 CCE 包含 64 个 RE。 ()
14. TD-LTE 与 TD-SCDMA 系统共存无须考虑隔离。 ()
15. 测试过程中, BLER 在 30%以下属于正常。 ()

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. TD-LTE 系统中，以下哪项可以认为测试无线环境为好的？（ ）
A. RSRP=-90dB, SINR=7 B. RSRP=-95dB, SINR=17
C. RSRP=-85dB, SINR=3 D. RSRP=-75dB, SINR=30
2. LTE 为了解决深度覆盖的问题，以下哪些措施是不可取的？（ ）
A. 降低 LTE 工作频点，采用低频段组网
B. 增加 LTE 系统带宽
C. 采用分层组网
D. 采用家庭基站等新型设备
3. 关于 TD-LTE 小区搜索，以下描述错误的是（ ）。
A. 小区搜索过程是 UE 和小区取得时间和频率同步，并且检测小区 ID 的过程
B. PSS 位于 DwPTS 的第二个符号
C. SSS 位于 5ms 第一个子帧的最后一个符号
D. 根据 PBCH 的内容可以得到系统帧号和带宽信息
4. 在 TD-LTE 中，应用层速率、PDCP 层速率、MAC 层速率、物理层速率中哪个值最大？（ ）
A. 应用层速率 B. 物理层速率
C. PDCP 层速率 D. MAC 层速率
5. 以下哪个参数不用于异系统小区重选控制？（ ）
A. sIntraSearch B. sNonintraSearch
C. ThreshXHigh D. ThreshXLow
6. 以下哪个参数用于切换控制？（ ）
A. sIntraSearch B. sNonintraSearch
C. eventA3Offset D. ThreshXLow
7. 在“零负载”和“小 IP 包”的情况下，期望的用户面延迟不超过（ ）ms。
A. 5 B. 100 C. 300 D. 500
8. 在 A3 事件中，要加快服务小区向目标小区切换，以下说法正确的是（ ）。
A. 增加服务小区 cellIndividualOffset 的同时，增加邻区的 cellIndividualOffset
B. 增加服务小区 cellIndividualOffset 的同时，减小邻区的 cellIndividualOffset
C. 减小服务小区 cellIndividualOffset 的同时，增加邻区的 cellIndividualOffset
D. 减小服务小区 cellIndividualOffset 的同时，减小邻区的 cellIndividualOffset
9. 好的（ ）是网络质量保障的基础。
A. 建站速度 B. 参数设置 C. 网络结构
10. LTE 网格化体系思路是以（ ）为单位对 LTE 网络开展专项优化整治。
A. 城市 B. 小区 C. 网格 D. 基站
11. LTE 网络测试指标可分为业务类、覆盖类、干扰类、调度类、（ ）、移动类 6 大类别。
A. 感知类 B. 效益类 C. 用户类 D. 接入类

12. 站间距不合理的 LTE 基站是指站间距小于 () 米或大于 () 米的基站。
()
- A. 100, 700 B. 200, 700 C. 100, 600 D. 200, 600
13. TD-LTE 单载波 (20MHz) 最大下行速率为 ()。
- A. 25Mb/s B. 50Mb/s C. 100Mb/s D. 150Mb/s
14. TDL 与传统 GSM 和 TD-SCDMA 网络相比减少了 ()。
- A. 网元控制器 (BSC/RNC) B. 网关 (GW)
C. 计费系统 D. 网管系统
15. 双天线端口的两个 LTE 小区, 当 PCI 模 () 相同时, 会产生严重干扰。
- A. 2 B. 3 C. 5 D. 7

四、多选题 (每题 2 分, 共 30 分)

1. Atoll 可以直接输出的覆盖图包括 ()。
- A. 参考信号强度 B. 最佳服务小区
C. 小区峰值吞吐量 D. 小区平均吞吐量
2. BBU 的安装方式有 ()。
- A. HUB 柜挂墙安装 B. 简易挂墙件安装
C. 落地安装 D. 机柜安装
3. BCCH 中的 SIB 中, 始终被激活的 SIB 有 ()。
- A. SIB1 B. SIB2 C. SIB3 D. SIB4 E. SIB5
4. LTE 网络主要通过哪些性能指标进行评估? ()
- A. 前反向吞吐量 B. 连接建立成功率 C. 掉线率
D. 寻呼成功率 E. 软切换成功率 F. 切换成功率
5. TD-LTE 系统中 PCI 由哪些信号决定? ()
- A. SRS B. SSS C. PSS D. CRS
6. TD-LTE 小区设置 PagingForceMCSmin=6, 则寻呼消息可能使用以下 () 个 MCS。
- A. 7 B. 8 C. 9 D. 10
7. 关于 TD-LTE 与 TD-SCDMA 干扰, 下面表述正确的是 ()。
- A. 都有系统外干扰
B. TD-LTE 主要考虑小区间干扰
C. TD-LTE 主要考虑小区内干扰
D. TD-LTE 与 TD-SCDMA 在异频也需考虑交叉时隙干扰
8. TD-LTE 与 TD-SCDMA 优化主要差异在于 ()。
- A. 覆盖和质量评估参数不同
B. TD-LTE 需考虑天线模式对覆盖的影响
C. TD-SCDMA 中可以通过设置黑名单来进行邻区的优化
D. TD-LTE 邻区设置需要考虑优先级
9. TD-LTE 在站址及天线选择时应注意 ()。
- A. 天线高度在覆盖范围内基本保持一致, 不宜过高

- B. 天线主瓣方向无明显阻挡, 特别是第一菲涅尔区无阻挡
C. 新建基站应建在交通方便、市电可用、环境安全的地方
D. 避免在大功率无线电发射台、雷达站或其他干扰源附近建站
E. 信号反射及衍射在开阔地区选址时影响更大
10. TD-LTE 中, 小区的用户数与下列哪些信道有关? ()
A. PBCH B. PDCCH C. PHICH D. PCFICH
11. TD-LTE 组网的覆盖性能受以下哪些因素影响? ()
A. 频段 B. 带宽 C. 功率 D. 干扰
E. 负荷 F. 边缘速率
12. 下列哪些属于 LTE 上行的参考信号? ()
A. CRS B. DMRS C. DRS D. SRS
13. TMA 的主要作用是改善上行链路覆盖, 可以用来对抗馈线损耗, TMA 对上行链路的增益主要与下面这些因素有关? ()。
A. 馈线损耗 B. eNode 的噪声系数 NF
C. TMA 放大器的增益 D. TMA 的噪声系数 NF
14. TM 模式使用下面哪些逻辑信道? ()
A. BCCH B. PCCH C. CCCH
D. DCCH E. DTCH
15. TTI Bundling 也称为子帧捆绑, 是 LTE 系统中一种特殊的调度方式, 它是针对处于小区边缘的 VoIP 用户而设计的, 其定义是 ()。
A. 在连续的 4 个上行子帧发射同一传输块
B. 只在第一个 TTI 对应发射时刻有 PDCCH
C. 只在最后一个 TTI (即第 4 个 TTI) 对应的发射时刻有 PHICH
D. 重传也是针对 4 个连续上行的 TTI 发射

五、简答题 (每题 5 分, 共 15 分)

1. 简述 UE 发起 TAU 的原因。
2. 请简述 OMC 系统的告警级别及其影响。
3. 请列举 4 种基站间干扰解决方案并说明各自的缺点。

六、案例分析题 (共 10 分)

测试车辆由南向北行驶至某市前湖北路路段, UE 占用 A1 小区 PCI 为 483 的信号, 在该路段接收到主服务小区的 RSRP 为 -106dBm, 无线信号在该路段覆盖较差。通过 UE 上报的测量报告发现, UE 有上报切换目标为 B3 小区 PCI 为 473, 该小区的 RSRP 为 -88dBm, 信号良好, 但未发生切换。请给出分析问题的思路和解决方案。

模拟题 3

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 协议规定，一个子帧的时长为_____，一个无线帧的时长为_____。
2. LTE 语音业务可通过 CSFB 和_____、_____解决。
3. _____可大大降低头开销，提高 VoLTE 语音用户容量，提高数据业务吞吐量，增强边缘覆盖。
4. SRVCC 媒体的切换点是对端网络设备（如对端 UE），影响切换时长的主要因素是会话切换后需要在_____网络中创建新的承载。
5. EPS 承载分为两种类型：GBR 和_____。
6. 可以提供可靠、按序服务的 RLC 实体类型不是 UM 模式，是_____。
7. S1-MME 接口存在于 MME 和_____之间。
8. 融合 HLR/HSS 是网络发展的方向。以_____为中心组织数据有利于业务开展，网络结构清晰简单，利于网络运维和业务开通。
9. TD-LTE 系统 CP 有常规 CP 和_____。
10. MIB 块承载在_____信道上。
11. SIB 块承载在_____信道上。
12. _____负责控制 UE 在空闲态下的移动性管理，_____负责控制 UE 在连接态下的移动性管理。

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. ACK/NACK 和 CQI 的发送将持续一个子帧，如果仍无法达到覆盖要求，则可在连续多个子帧中重复发送。（ ）
2. E-MBMS 采用的是基于 3GPP 无线接入网络的技术和标准；传输、接入和切换等物理层过程都沿用的是 3G 技术。（ ）
3. 基带处理模块 BPG 的主要功能是处理物理层协议，提供上/下行 I/Q 信号。（ ）
4. 采用 CoMP 技术提升 VoLTE 性能，但无法提升边缘覆盖。（ ）
5. 无主导小区虽然会导致 SINR 不稳定，但接收质量没有问题。（ ）
6. LTE 中上/下行的功率控制原理是一样的。（ ）
7. LTE 上行也可以使用空间复用进行资源传输。（ ）
8. BCH 总是在小区带宽的中心位置发送。（ ）
9. RSRP 指参考信号在整个频点的全带宽功率。（ ）
10. 在 A3 事件中，要加快服务小区向目标小区切换，可以减小服务小区的 cellIndividualOffset。（ ）
11. 在 LTE ICIC 中，小区边缘用户的定义是：每个小区内的用户随机分布，通过将用户收到的本小区基站的功率和相邻小区干扰基站的功率的比值，与预先设定的阈值进行比较，将高于阈值的用户定义为边缘用户。（ ）
12. 在 LTE 的网络规划中引入了 ICIC，其基本思想是通过管理无线资源来完全消除

小区间干扰。()

13. 在 LTE 系统中, 各个用户的 PHICH 是通过码分来实现的。()

14. 一条数据可能对应多条信令、多个事件。()

15. 信号带宽必须小于系统带宽。()

三、单选题 (每题 1 分, 共 15 分)

1. DL-SCH 和 UL-SCH 使用哪种编码方式? ()

A. 1/3 卷积码 B. 1/3turbo 码 C. 可变长编码 D. 1/3 重复编码

2. 发射模式(TM)中, 下面哪一项的说法是正确的? ()

A. TM3 常用于室分的场合 B. TM3 需要 8 通道智能天线才能实现
C. TM7 能提高终端在小区边缘的表现 D. TM4 适用于外场高速移动的场合

3. TD-LTE 路测指标中的掉线率指标表述不正确的是 ()

A. 掉线率=掉线次数/成功完成连接建立次数
B. 掉线指在终端正常进行数据传送过程中数据传送发生异常中断, 包括 RRC 连接异常中断或数据速率降为 0 并持续一定时间
C. 掉线率指业务进行过程中发生业务异常中断的概率, 即异常中断的次数与总业务进行次数之比
D. 掉线是指在手机没主动发 Disconnect 信令或没收到网络下发 Disconnect/Release 信令的情况下, 手机回到 idle 状态, 视为一次掉线

4. 以下哪种双工方式更适用于非对称频谱? ()

A. TDMA B. FDD C. CDMA D. TDD

5. 当 UL-SCH 资源没有被分配时, 以下哪类信道用于承载上行的 ACK/NACK? ()

A. PUSCH B. PRACH C. PUCCH D. PDCCH

6. 在鉴权过程的非接入层消息中, 以下哪个参数会被返回给 MME? ()

A. IK & CK B. AUTN C. RAND D. RES

7. 同一 PLMN 网络的 SGW 和 PGW 之间的接口名为 ()。

A. S3 B. X1 C. S5 D. S8

8. LTE 频段为 7, 其下行频率范围为 ()。

A. 2 110~2 170MHz B. 2 620~2 690MHz
C. 1 805~1 880MHz D. 875~885MHz

9. 我们常说的 MIMO 2 发 2 收, 下面哪种说法是正确的? ()

A. 2 发是指 eNodeB 端, 2 收也是指 eNodeB 端
B. 2 发是指 eNodeB 端, 2 收是指 UE 端
C. 2 发是指 UE 端, 2 收也是指 UE 端
D. 2 发是指 UE 端, 2 收是指 eNodeB 端

10. LTE 的最小资源单位是 ()

A. RE B. REG C. RB D. RBG

11. 天线增益一般常用 dBd 和 dBi 两种单位。dBi 用于表示天线在最大辐射方向场强相对于 () 的参考值。

- A. 全向辐射器 B. 半波振子 C. 全波振子 D. 1/4 振子
12. 当使用多端口天线时, 各个端口之间的隔离度应大于 ()。
- A. 10dB B. 20dB C. 30dB D. 40dB
13. 下列哪种 MIMO 模式会带来额外的赋形增益? ()
- A. TM1 B. TM2 C. TM3 D. TM7
14. 哪些属于 ICIC 的干扰抑制技术? ()
- A. 加扰 B. 交织 C. 波束赋形 D. IRC
15. 支持 () 手机平时驻留在 LTE 网络上, 在接到寻呼消息后, 离开 LTE 网络返回 2G, 完成语音通话。
- A. CSFB B. 双待机 C. SRVCC D. VoLTE

四、多选题 (每题 2 分, 共 30 分)

1. Atoll 默认提供哪几种业务类型? ()
- A. FTP Download B. Video Conferencing
C. VoIP D. Web Browsing
2. VoLTE 网络分为终端和 () 等个域。
- A. eUTRAN B. 承载网 C. EPC D. IMS
3. VoLTE 语音通话过程中需要建立如下哪些承载? ()
- A. QCI9 B. QCI5 C. QCI1 D. QCI2
4. UE Attach 流程包含以下哪几个过程? ()
- A. RRC 连接建立和 S1 连接建立 B. ERAB 建立
C. 专用承载建立 D. 鉴权过程和安全过程
5. UE 被叫信令流程开始和结束分别是 ()。
- A. Paging B. Extended service request
C. RRC Connection Reconfiguration Complete
6. UE 测量上报给 eNodeB 的有 ()。
- A. RI B. CQI C. PMI D. DCI
7. UE 发起的 Service Request 流程可能遇到哪些异常流程? ()
- A. RRC 连接建立失败 B. 核心网拒绝
C. RRC Reconfiguration 消息丢失 D. eNodeB 建立专用承载失败
8. UE 发起的承载修改流程, 核心网可以回复承载 () 流程。
- A. 建立 B. 拒绝 C. 修改 D. 释放
9. UE 可以执行的测量有哪些? ()
- A. 同频测量 B. 异频测量
C. 与 UTRAN 间的测量 D. 与 GERAN 间的测量
E. 与 CDMA2000 间的测量
10. UE 通过 () 信道和 () 信道获取 LTE 网络的 Physical Cell ID。
- A. PDSCH B. PUCCH C. PSCH D. SSCH
11. UE 通过系统信息广播可以获得哪些信息? ()

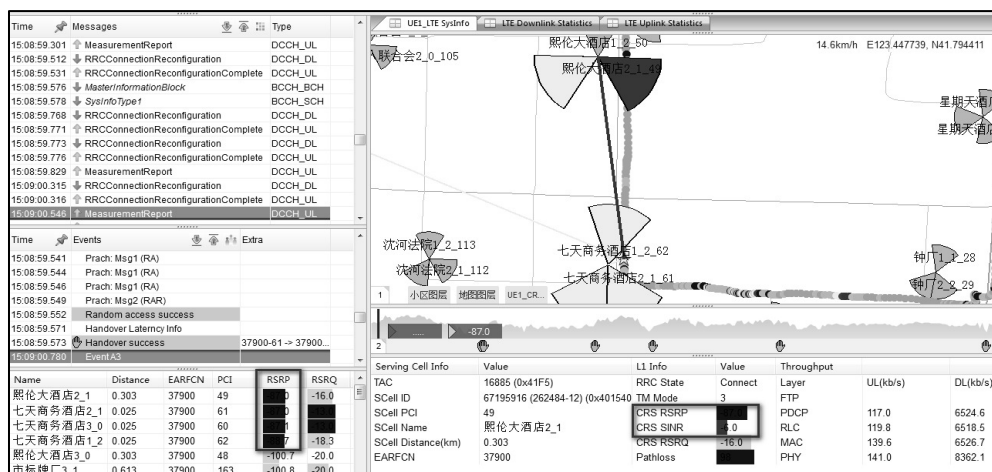
- A. 链路频带宽度 B. 系统帧号信息 C. PHICH 配置信息
D. 小区接入相关参数 E. 重选相关参数 F. 公共配置信息
G. 邻区配置信息
12. UE 在 RRC_CONNECTED 可以读取的系统消息块有 ()。
A. MIB B. SIB1 C. SIB2 D. SIB8
13. UE 在空闲模式下的任务有哪些? ()
A. 读系统消息 B. PLMN 及小区的选择和重选
C. 监听寻呼 D. 位置更新
14. UE 在连接状态 (RRC_CONNECTED) 具备以下哪些特征? ()
A. UE 有一个 RRC 连接, 但 UE 在 eUTRAN 中不具有通信上下文
B. eNodeB 可以根据终端的活动情况配置不连续接收 (DRX) 周期, 节约电池并提高无线资源的利用率
C. 终端可以监听控制信道以便确定网络是否为它配置了共享信道资源
D. 网络控制的移动性管理, 包括切换或网络辅助小区更改 (NACC) 到 GERAN 小区
15. UE 在哪些场景下会使用基于非竞争的随机接入? ()
A. 上行失步时下行数据到达
B. 上行失步时上行数据到达
C. 切换后接入新小区
D. 无线链路失败的接入

五、简答题 (每题 5 分, 共 15 分)

1. LTE 中参考信号 (RS) 的作用有哪些?
2. 请简要描述 FDD LTE 系统中同步 HARQ 的概念。
3. MME Pool 的主要特性是什么?

六、案例分析题 (共 10 分)

根据以下路测截图, 分析网络存在的问题, 并且给出合理的解决方法。



模拟题 4

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. LTE 中采用_____来区分不同的小区。
2. _____是 LTE 中为了节省 PDCCH 数量而提出的一种新的调度法，最初主要是针对 VoIP 业务。其可大大降低信令开销，使信令开销资源最低仅为业务的 1.3%。
3. 当小区边缘 UE 功率受限时，由于资源受限，导致丢包率增加。使用_____，4 个连续子帧中的立刻重传能积累能量，增大传输成功率，从而提高接收成功率，避免过多的 HARQ 重传。
4. MME 与 SGW 之间的接口是_____。PGW 与 PDN 相连的接口是_____。
5. VoLTE 高清语音采用_____编码，最高速率为_____，使话音更加自然、舒适和更有现场感。
6. LTE 的空口速率之所以能够获得巨大提升，主要是因为采用了_____技术、_____技术和_____技术。
7. ICIC 的实现方式，按照资源调度的周期，可以分成_____、半静态分配、_____和协调调度。
8. OFDM 技术在时域上能够抵抗_____，在频域上能够抵抗_____。
9. _____信道指示一个子帧中，控制域所使用的 OFDM 符号个数。

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. eUTRAN 系统在 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz 和 20MHz 带宽中，分别可以使用 6 个、15 个、25 个、50 个、75 个和 100 个 RB。 ()
2. ICIC 测量标识通过 eNodeB 之间的 X2 口传递。 ()
3. ICIC 可以同时进行频率资源和功率资源的协调。 ()
4. LTE-Advanced 将加强在自组织网络（Self-Organizing Network, SON）方面的工作，可以实现基站的自配置优化，降低布网成本和运营成本。 ()
5. 在 A3 事件中，要加快服务小区向目标小区切换，可以增加切换迟滞 Hysterisis。 ()
6. 一条信令，可能对应多条数据、多个事件。 ()
7. 网络在寻呼 LTE UE 时，寻呼消息会在 UE TA List 中的所有小区下发。 ()
8. 对于 LTE FDD 上行链路，随着 RB 数的增多，分配到每个 RB 的功率会不断下降。 ()
9. RRC 连接重配置完成消息是发给 UE 的。 ()
10. LTE 系统中，IP 头压缩与用户数据流的加密工作是由 MME 完成的。 ()
11. LTE 异常干扰包括上行异常干扰和下行异常干扰。其中，下行异常干扰的危害更为严重。 ()
12. LTE 站点的覆盖范围和站点的天线挂高有很大关系。天线挂高越高，覆盖范围就越大，所以在 LTE 网络规划时，尽可能选择高的站点。 ()

13. 切换过程可以采用竞争接入过程,也可以采用非竞争接入过程。 ()
14. UE 发送 Msg1 后,通过捕获 SI-RNTI 来确定需要接收的 PDSCH 信道。()
15. SRS 作为参考信号,为了保证接收,不采用慢速功率控制。 ()

三、单选题 (每题 1 分,共 15 分)

1. 控制平面 RRC 协议数据的加/解密和完整性保护功能,在 LTE 中交由 () 层完成。
- A. RLC B. MAC C. PHY D. PDCP
2. 寻呼由网络向什么状态下的 UE 发起? ()
- A. 仅空闲态 B. 仅连接态
C. 空闲态或连接态都可以 D. 以上说法都不对
3. 关于空闲态小区重选对现有 2G/3G 网络及用户体验的影响,下面说法中错误的是 ()。
- A. 需软件升级 LTE 覆盖区内所有 2G/3G 现网无线设备,小区广播中支持 LTE 邻区、重选优先级等新参数的配置
- B. 需软件升级 LTE 覆盖区内所有 SGSN 以识别 LTE 多模终端并将其路由至 LTE 网络
- C. 执行重选时对用户拨打电话没有影响
- D. 频繁重选导致终端耗电增加,待机时间缩短
4. 以下哪个 LTE 天线方案仅支持单流? ()
- A. 8 天线 TM7 Beamforming B. 8 天线 2×2MIMO
C. 4×2MIMO D. Adaptive MIMO/BF
5. 为什么用符号末端部分复制为循环前缀? ()
- A. 保证时域信号周期连续 B. 保证循环数目为整数
C. 减小峰均比 D. 增加有用符号时长
6. 以下 PCI 规划原则中哪一个是不对的? ()
- A. 同一个小区的所有邻区中不能有相同的 PCI
- B. 相邻的两个小区 PCI 不能相同
- C. 同频邻小区 PCI 无须考虑 MOD3 或 MOD6 的限制,任意分配即可
- D. 邻小区 CRS 尽量在频域上分开
7. EPC 不包括以下哪些网元? ()
- A. MME B. HSS C. PCRF D. MGW
8. LTE 中,下列哪项不是 Primary SCH 的作用? ()
- A. OFDM 符号定时 B. 频率同步
C. cell ID group 号的检测 D. 所属 cell ID group 中的三种 cell id 的检测
9. 下面哪些对 3GPP LTE 系统的同步描述不正确? ()
- A. 主同步信道用来完成时间同步和频率同步
- B. 辅同步信道用来完成帧同步和小区搜索
- C. 公共导频可以用来做精同步

- D. 3GPP LTE 系统可以纠正任意大小的频率偏移
10. 以下哪项不是 TD-LTE 标准中定义的 TDD 配比格式? ()
- A. DSUUUDSUUU B. DSUUDDSUUD
C. DDSUUDDSUU D. DSUDDDSUDD
11. LTE 系统中, 对 normal 子帧有几种 CP 长度? ()
- A. 一种 B. 两种 C. 三种 D. 四种
12. LTE PDSCH 数据信道采用以下哪种信道编码? ()
- A. CRC B. RM 码 C. 卷积码 D. Turbo 码
13. LTE 中的最小调度单位为 ()。
- A. RE B. PRB C. PBCH D. PSS
14. 以下描述正确的是 ()。
- A. LTE 基于 HARQ 功能实现快速重传
B. LTE MAC 层将控制 UE 的移动性测量触发条件
C. 上行调度命令中将携带 HARQ 进程号
D. MAC 层的初始配置是由高层 NAS 消息配置的
15. 如果 UE 收到 DRX Command 的 MAC CE 后, 以下描述正确的是 ()。
- A. 停止 DurationTimer
B. 启动 DurationTimer
C. 启动 drx-RetransmissionTimer
D. 停止 drx-RetransmissionTimer

四、多选题 (每题 2 分, 共 30 分)

1. () 和 () 在测量参数中作为事件触发量使用。()
- A. RS CINR B. RSRQ C. RSSI D. RSRP
2. VoLTE 视频业务过程中需要建立如下哪些承载? ()。
- A. QCI9 B. QCI5 C. QCI1 D. QCI2
3. WLAN 工作于 2 400~2 483.5MHz, 为不需要 License 的 ISM 频段, 而根据目前频谱规划, TD-LTE 可能工作于 2 300~2 400MHz, 它们之间存在干扰, 主要为以下哪几个方面? ()
- A. TD-LTE 与 WLAN 系统基站间的干扰
B. TD-LTE 基站和 WLAN 终端间的干扰
C. TD-LTE 终端和 WLAN 基站间的干扰
D. TD-LTE 终端和 WLAN 终端间的干扰
4. X2AP 基本移动过程包含 ()。
- A. Handover Preparation B. SN Status Transfer C. UE Context Release
D. Handover Cancel E. Reset
5. X2 接口的主要功能有 ()。
- A. 小区间负载管理
B. UE 在 ECM_CONNECTED 状态下 LTE 系统内的移动性支持, 上/下文从源

eNodeB 到目标 eNodeB 的转移

C. ERAB 业务管理功能

D. 与 3GPP 系统间切换

6. ICIC (小区间干扰协调) 技术的优点是 ()。

A. 降低邻区干扰

B. 提升小区边缘数据吞吐量

C. 改善小区边缘用户体验

D. 增加邻区干扰

7. HARQ 是 () 和 () 技术相结合的纠错方法。

A. FFT

B. ARQ

C. FEC

D. 16QAM

8. GBR/Non-GBR 承载及 QCI 描述正确的有 ()。

A. 默认承载一定是 Non-GBR 承载

B. 专用承载一定是 GBR 承载

C. Non-GBR 承载可以对应 QCI6、7、8、9

D. QCI 2、3、4 一定是专用承载

9. eUTRAN 系统中 eNodeB 节点完成的 RRM (与无线资源管理相关的) 功能包括 ()。

A. 无线承载控制

B. 无线接纳控制

C. 连接移动性管理

D. 上/下行动态资源分配/调度

10. LTE/EPC 网络中哪些接口的控制平面使用 GTP-C? ()

A. S11

B. S5

C. S8

D. S1

11. LTE-A 的关键技术有 ()。

A. CoMP

B. 频谱聚合

C. 下行增强 MIMO

D. 中继-relay

12. LTE 的主要接口有 ()。

A. S1

B. X2

C. Iu

D. Iug

13. LTE 高铁场景组网面临的挑战有 ()。

A. 速度快, 小区间切换频繁

B. 多普勒频偏效应, 影响接收端解调

C. 列车穿透损耗大, 车内覆盖效果差

D. 覆盖场景复杂多样, 从城区到郊区

14. LTE 同步过程中, 帧同步和时间同步分别是通过什么信号来实现的? ()

A. PBCH

B. PSS

C. SSS

D. RS

15. LTE 网络参数规划包括 ()。

A. 邻区规划

B. PCI 规划

C. PRACH 规划

D. TA 规划

五、简答题 (每题 5 分, 共 15 分)

1. 请举例说明天线选型时主要关注的天线参数。(5 个以上)

2. RLC 有几种模式, 分别有什么功能?

3. 切换掉线的主要原因有哪些?

六、案例分析题（共 10 分）

在分析 TOP 小区时，发现 A1 小区无线接通率为 0，其中 RRC 连接成功率为 100%，ERAB 建立次数及成功率均为 0，与前面 RRC 连接次数极不对称，统计指标如下图所示。

网元	LTE_无线接通率 [单位:%]	LTE_RRC连接建立 成功率[单位:%]	LTE_RRC.SuccCo nnEstab[单位:次]	LTE_RRC.AttConn Estab[单位:次]	LTE_E-RAB建立成 功率[单位:%]	LTE_ERAB.NbrSu ccEstab[单位:个]	LTE_ERAB.NbrA ttEstab[单位:个]
266 C2-HD堤村DL-H-1(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	0.00	100.00	1661.00	1661.00	0.00	0.00	0.00
375 C2-HD堤村DL-H-2(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	100.00	100.00	8.00	8.00	100.00	3.00	3.00
376 C2-HD堤村DL-H-3(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	100.00	100.00	22.00	22.00	100.00	10.00	10.00

该小区某配置文件如下。

配置文件-ENB=223060_2014-02-27-13-48				
小区网络规划				
实例描述	小区所属跟踪区的ID	移动国家码	移动网络码	小区预留指示
小区本地ID1	13694	640	00	不预留
小区本地ID2	13694	460	00	不预留
小区本地ID3	13694	460	00	不预留

请给出问题分析思路和解决办法。

模拟题 5

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. PCI 由_____和_____共同决定。
2. LTE 的上行物理信道中，_____没有传输信道映射。
3. _____是 LTE 承载语音的最终目标方案；在 LTE 覆盖的边界区域，为保证 VoLTE 语音业务的连续性，需要采用_____技术。
4. S3 接口是 MME 和_____之间的接口。
5. eNodeB 和 MME 之间使用_____协议。
6. eNodeB 和 SGW 之间的接口叫_____，eNodeB 和 eNodeB 之间的接口叫_____。
7. _____接口负责 MME 与 2G/3G CS 域的 MSC/VLR 之间的互联互通。
8. LTE 上行使用 SCFDMA 技术是由于_____。
9. HARQ 最大支持的进程数为_____个。
10. AMR_WB 采样率可达_____。
11. VoLTE 利用_____域提供 LTE 语音业务的路由、控制和业务触发，以及 LTE 向 2G/3G 切换时的语音连续性保证。
12. 为了支撑 SRVCC，需要打通 4G 和 2G/3G 之间的沟通渠道，即需要重新定义一个接口，叫做_____。该接口位于 4G 的 MME 和 2G/3G 的 MSC server 之间。

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. LTE 标准应支持最大 100km 的覆盖半径。 ()
2. LTE 传输网络扁平化，由于取消了 RNC 节点，eNodeB 直接连接到核心网 (MME/SGW)，从而简化了传输网络结构，降低了网络迟延。 ()
3. LTE 传输网络全 IP 化，LTE 从空中接口到传输信道全部 IP 化，所有业务都以 IP 方式承载。 ()
4. LTE 大大提高了无线终端的速率，相应的 LTE 基站对于传输网络的带宽及连接数需求也大大增加了。 ()
5. LTE 的 QCI 有 9 个等级，其中 1~5 对应 GBR 业务，6~9 对应 Non-GBR 业务。 ()
6. 在 A3 事件中，要加快服务小区向目标小区的切换，可以减小邻区的 cellIndividual Offset。 ()
7. SPS 调度的周期为 20ms 和 40ms。 ()
8. 对于 LTE FDD 下行链路，随着 RB 数的增多，分配到每个 RB 的功率会不断下降。 ()
9. RRC 连接重配置消息是发给目标 eNodeB 的。 ()
10. Msg3 消息采用 HARQ 技术传输。 ()
11. 切换丢帧是影响 LTE 的 MOS 的最大问题。 ()
12. 定时器 T304 设置过大，会导致在无线环境较差区域长时间等待切换完成，资

源没有及时释放。设置过小，容易导致未及时收到切换完成信令，影响切换成功率。

()

13. 对于实时业务，eUTRAN 系统和 UTRAN 系统之间的切换中断时间应控制在 300ms 以内。

()

14. LTE 不支持使用 IR 合并的 HARQ。

()

15. SRVCC 是无测量的，eSRVCC 是重定向的。

()

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. TM7 的应用场景是 ()。

A. 主要应用于单天线传输的场合

B. 主要用来提高小区的容量

C. 单流 Beamforming，主要针对小区边缘，能够有效对抗干扰

D. 适用于小区边缘信道情况比较复杂、干扰较大的情况，有时候也用于高速情况

2. 发射模式 (TM) 中，下面哪一项的说法是错误的？()

A. TM1 是单天线端口传输：主要应用于单天线传输的场合

B. TM2 适用于小区边缘信道情况比较复杂、干扰较大的情况，有时也用于高速的情况

C. TM3 是大延迟分集，适用于终端 (UE) 高速移动的情况

D. TM4 是 Rank1 的传输，主要适用于小区边缘的情况

3. 以下几种站间切换中，要求必须使用同一 MME 的切换类型是 ()。

A. S1 切换

B. LTE&UMTS 切换

C. X2 切换

D. LTE&GERAN 切换

4. eUTRAN 支持在多个小区间的移动和切换，系统在 () 的高速场景下能够实现较高性能。

A. 0~15km/h

B. 500km/h

C. 120~350km/h

D. 15~120km/h

5. 发射模式 (TM) 中，下面哪一项的说法是正确的？()

A. TM2 为单天线端口传输，主要应用于单天线传输场景

B. TM3 发送分集模式，适合于小区边缘信道情况比较复杂的场景

C. TM4 适合外场高速移动的场景

D. TM5 MU-MIMO 传输模式主要用来提高小区的容量

6. 以下哪个信道用来指示 PDCCH 所用的符号数目？()

A. PHICH

B. PDCCH

C. PBCH

D. PCFICH

7. 以下哪个协议负责用户面数据的加密功能？()

A. PDCP

B. MAC

C. RRC

D. RLC

8. 发射机采用以下哪种技术来实现 OFDM？()

A. FFT

B. IFFT

C. 匹配滤波器

D. IQ 调制

9. eUTRAN 包括下列哪些节点？()

- A. eNodeB 和 RNC B. SGW 和 PGW
C. eNodeB D. eNodeB 和 SGW
10. 关于空间复用, UE 是如何估计下行无线信道质量的? ()
A. 通过测量同步信号 B. 通过测量探测参考信号
C. 通过测量 PDCCH 信道 D. 通过测量下行参考信号
11. EPC 网络中作为归属网络网关的网元是 ()。
A. SGW B. SGSN
C. PGW D. MGW
12. 如下哪个选项不是 OFDM 系统的优点? ()
A. 较好地抵抗多径干扰 B. 较低的频域均衡处理复杂度
C. 灵活的频域资源分配 D. 较低的峰均比
13. 在导入电子地图时, 下面哪个不是必须的? ()
A. 数字高程模型 (DEM) B. 地物覆盖模型 (DOM)
C. 线状地物模型 (LDM) D. 建筑物空间分布模型 (BDM)
14. 高速移动的 UE 向远离基站方向移动, 此时因多普勒频移会造成 UE 接收频率 ()。
A. 偏大 B. 偏小 C. 不变 D. 以上均有可能
15. 天馈建设过程中, 为了保障良好的网络质量和性能, 无论使用 F 频段/D 频段, 都应该 ()。
A. 原则上尽可能采用独立天线系统 (新建或互挂)
B. 对于天面特别紧张或不具备实施条件, 可考虑更换为共 TD-SCDMA 天线方式, 但必须支持 TD-SCDMA/TDL 两系统独立电子下倾调整
C. 理想天线挂高高于周围建筑物 5m
D. 以上皆是

四、多选题 (每题 2 分, 共 30 分)

1. HARQ 与 ARQ 的主要区别在于 ()。
A. 合并多次传输的信息 B. 更短的重传时延
C. 更高的链路效率 D. 无限制重传
2. LTE 常见的掉线原因有哪些? ()
A. 切换失败 B. 外部干扰 C. 小区覆盖差
D. 业务调度不足 E. 异常终端
3. LTE 理论峰值流量的大小由 () 决定。
A. RB 数 B. MCS
C. 时隙比配置 D. MIMO 方案
4. LTE 的调制方式有哪几种? ()
A. QPSK B. 16QAM
C. 64QAM D. 8PSK
5. LTE 高铁覆盖采用的天线应具备以下哪些特性? ()

- A. 窄波瓣 B. 低增益 C. 高增益 D. 宽波瓣
6. LTE 使用的调度策略是 ()。
- A. Max C/I B. RR (Round Robin)
C. PF (Proportional Fair) D. EPF (Enhanced Proportional Fair)
7. LTE 系统无线资源主要有 ()。
- A. 时隙 B. 子载波 C. 天线端口 D. 码道
8. X2 接口支持的功能有 ()。
- A. 漫游和区域限制支持功能
B. 小区间干扰协调
C. 流量控制功能和拥塞控制功能
D. 负荷管理
9. LTE 系统内触发移动性切换的测量报告事件包括 ()。
- A. A3 事件 B. A1 事件 C. A4 事件 D. A5 事件
10. LTE 系统内切换包括 ()。
- A. eNodeB 内切换 B. X2 口切换
C. S1 口切换 D. SGSN 之间切换
11. LTE 系统无线链路自适应手段有 ()。
- A. MCS 调整 B. MIMO 的多种模式
C. 无线资源调度分配 D. ICIC 技术
12. UE 在哪些场景下会使用基于竞争的随机接入? ()
- A. RRC_IDLE 状态下的初始接入 B. 无线链路失败的接入
C. 上行失步时下行数据到达 D. 上行失步时上行数据到达
13. VoLTE 用户注册: VoLTE 用户在体验高质量通话之前, 必须先进行 VoLTE 的注册流程, 从无线角度来看, 注册分为哪两个步骤? ()
- A. MME 注册 B. SRVCC 注册
C. LTE 无线注册 D. IMS 注册
14. VoLTE 的信令和媒体经 () 路由至 () 网络, 由 IMS 提供会话控制和业务逻辑? ()
- A. SGW B. EPC C. PGW D. IMS
15. 与 SRVCC 相比, CSFB 的优势在于 ()。
- A. 无须部署 IMS, 新增网元少, 网络部署快
B. 由现网提供 CS 业务, 用户业务感受一致
C. 跨运营商接口少, 易于实现跨网漫游
D. 语音和 LTE 数据业务能够并行

五、简答题 (每题 5 分, 共 15 分)

1. 简述 EPC 核心网的主要网元和功能。
2. LTE 中有哪些场景触发随机接入?
3. 什么是 MIMO? 可带来哪些增益?

六、案例分析题（共 10 分）

UE 占用 A3 (PCI: 108) 小区进行 FTP 下载测试，在长河路-江南大道路口 UE 尝试切换到 B1 (PCI: 63) 小区时，会出现切换失败或切换完成后掉线，最终 UE 重选到 B1 小区。掉线区域，RSRP 正常 (-80dBm)，但 SINR 较差 (-8dB 左右)。

由 B1 小区向 A3 小区切换时也会发生切换失败和掉线，最终小区进行重选。

请分析问题最可能的原因和解决方案。

模拟题 1 参考答案

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 小区间干扰协调
2. 默认承载
3. 100个PRB
4. 仿真功能
5. S11
6. 半静态调度
7. 40ms，每10ms
8. 主同步信号检测、辅助同步信号检测、物理广播信道解码
9. A3事件
10. PS域
11. EPC，IMS

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. (√)
2. (×)
3. (√)
4. (√)
5. (×)
6. (√)
7. (√)
8. (√)
9. (×)
10. (×)
11. (√)
12. (√)
13. (×)
14. (√)
15. (×)

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. (C)
2. (D)
3. (C)
4. (A)

5. (C)
6. (B)
7. (A)
8. (C)
9. (B)
10. (C)
11. (A)
12. (B)
13. (A)
14. (D)
15. (A)

四、多选题（每题 2 分，共 30 分）

1. (BCD)
2. (ABD)
3. (ABD)
4. (BCD)
5. (ABC)
6. (AB)
7. (BD)
8. (ABC)
9. (ABC)
10. (ABCD)
11. (AB)
12. (AB)
13. (AB)
14. (ABC)
15. (ABCD)

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. S-TMSI和IMSI两种寻呼（Paging）有什么区别？

答：

采用S-TMSI比IMSI寻呼的效率高，同时保密性强；但当用户的S-TMSI 失效时，网络侧需要使用IMSI进行寻呼，以提升寻呼成功率。

2. 请列举出影响切换成功率的因素（至少5项）。

答：

- (1) 邻区配置的准确性；
- (2) 网络的拓扑结构（站点的覆盖）；
- (3) 切换参数（门限、迟滞参数）；

- (4) 网络负载;
- (5) 严重的下行干扰;
- (6) 核心网原因;
- (7) 目标小区无响应;
- (8) 外部小区定义错误。

3. 请列出越区覆盖的应对措施 (至少5项)。

答:

针对越区覆盖小区采取如下措施:

- (1) 减小小区的发射功率;
- (2) 减小天线下倾角;
- (3) 调整天线方向角;
- (4) 降低天线高度;
- (5) 更换天线: 改用小增益天线、将机械下倾天线更换为电子下倾天线、将宽波瓣波束天线更换为窄波瓣天线等;
- (6) 如果由于站点过高造成越区覆盖, 在其他手段无效的情况下, 可以考虑调整网络拓扑, 搬迁过高站点。

六、案例分析题 (共 10 分)

某区网格在6月份的VoLTE测试中, VoLTE呼叫建立时延在4.8s, 与省公司的2.4s左右相差甚远。通过优化呼叫建立时延从4.8s优化到2.5s, 接近省公司的要求, 取得了满意的效果。根据上述信息, 给出问题排查思路和可能的解决方案 (三条以上)。

解答:

对VoLTE时延进行分段分析。

VoLTE通话建立过程中, 主要分为主叫呼叫控制过程、主叫承载建立过程、被叫寻址过程、被叫呼叫控制过程、被叫承载建立过程、智能网过程、彩铃过程。

优化的思路是优化端到端的过程, 由于VoLTE的语音承载是通过IMS实现的, 所以优化时延更多涉及的是IMS的优化。

使用测试数据分段分析, 发现问题如下:

- (1) 通话建立过程中, 发生切换次数过多。

切换次数过多, 会极大地影响时延, 并且可能触发专用承载释放事件。可以通过CDS统计模板, 导出所有通话建立时延, 选取超过4s以上的通话, 观察时延较长的通话过程中发生切换的次数。

测试跟踪中, 通话期间发生了多次切换, 通话接通时延在6.8s左右, 所以需要解决通话建立过程中发生切换的问题。通话建立过程不发生切换, 通话接通时延可在4.4s左右, 可节省2s多。

- (2) UE不活动定时器时间过短。

通过对终端占用TOP小区的梳理, 修改了UE不活动定时器时间, 从10s修改到35s, 避免了通话结束后, 核心网释放所有承载从而在第二次通话过程中, 减少无线承载建立过程, 缩短了100多毫秒的时延。

(3) 智能网业务增加了时延。

分析发现该网络由SCP AS提供智能网业务，智能网业务由VoLTE基础与补充业务平台通过IM-SSF触发SCP AS，关闭了智能网业务，减少了S-CSCF与SCP AS的交互，节省了时间。

VoLTE通话过程中，涉及的网元众多、流程较多。时延优化的本质是优化端到端的交互时延。

上面缩短时延采取的措施中，UE不活动定时器的修改及切换序列的优化本质上是主叫承载建立过程中的优化。关闭测试卡的智能网业务，本质上是优化了核心网侧的交互过程，减少了S-CSCF到SCP AS之间的路由，从而节约了时间。

模拟题 2 参考答案

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. SIB4
2. 0.5~2
3. 8 种, 9 种
4. 50ms
5. 全双工
6. 主同步信号、辅同步信号
7. AM、UM
8. MME 和 SGW
9. Diameter
10. TA List
11. GTP-U

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. (√)
2. (√)
3. (√)
4. (√)
5. (×)
6. (×)
7. (×)
8. (√)
9. (×)
10. (√)
11. (×)
12. (√)
13. (×)
14. (×)
15. (×)

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. (B)
2. (B)
3. (B)
4. (B)

5. (A)
6. (C)
7. (A)
8. (C)
9. (C)
10. (C)
11. (D)
12. (A)
13. (C)
14. (A)
15. (B)

四、多选题（每题 2 分，共 30 分）

1. (AB)
2. (ABCD)
3. (ABCD)
4. (ABCDF)
5. (BC)
6. (ABC)
7. (ABD)
8. (ABD)
9. (ABCD)
10. (BCD)
11. (ABCDEF)
12. (BD)
13. (ABCD)
14. (ABC)
15. (ABCD)

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. 简述 UE 发起 TAU 的原因。

答：

- (1) 当 UE 检测到当前所在的 TAI 不在 UE 注册网络的 TA 列表中；
- (2) 周期性位置更新；
- (3) 当 UE 注册到 eUTRAN 时，它正处于 UTRAN 的 PMM 连接状态；
- (4) 当 UE 注册到 eUTRAN 时，它正处于 GPRS Ready 状态；
- (5) 当 UE 重选到 eUTRAN 时，TIN 标示为"P-TMSI"；
- (6) 当 RRC 连接被释放，释放的原因值为“load re-balancing TAU required”。

2. 请简述 OMC 系统的告警级别及其影响。

答：

(1) 严重告警: Critical (缩写为“C”), 使业务中断并需要立即进行故障检修的告警。

(2) 主要告警: Major (缩写为“M”), 影响业务并需要立即进行故障检修的告警。

(3) 次要告警: minor (缩写为“m”), 不影响现有业务, 但需检修以阻止恶化的告警。

(4) 警告告警: warning (缩写为“w”), 不影响现有业务, 但发展下去有可能影响业务, 可视需要采取措施的告警。

(5) 清除告警: cleaned (缩写为“c”), 指告警指示的故障已排除, 系统恢复正常。

3. 请列举四种基站间干扰解决方案并说明各自的缺点。

答。

(1) 增加保护带, 直接降低干扰, 但频谱利用率降低, 如果有额外频率资源, 优先考虑增加保护带。

(2) 增加天线间隔度, 直接降低干扰, 受空间限制, 较大的天线间隔无法做到。如果安装空间允许, 安装时考虑天线间隔尽量大, 同时最好不要共站。

(3) 安装滤波器, 可以比较彻底地解决干扰问题, 增加额外人工与滤波器成本, 同时带来一定额外插损。具有一定保护带情况下, 安装滤波器可以彻底解决干扰, 但会增加成本及带来一定损耗。

(4) 调整产品规格, 可以比较彻底地解决干扰问题, 重新开发, 增加成本, 产品规格数目增多, 但会带来额外的开发成本及维护成本。

六、案例分析题 (共 10 分)

测试车辆由南向北行驶至某市前湖北路路段, UE 占用 A1 小区 PCI 为 483 的信号, 在该路段接收到主服务小区的 RSRP 为 -106dBm, 无线信号在该路段覆盖较差。通过 UE 上报的测量报告发现, UE 有上报切换目标为 B3 小区 PCI 为 473, 该小区的 RSRP 为 -88dBm, 信号良好, 但未发生切换。请给出分析问题的思路和解决方案。

解答:

首先, 查看是否添加邻区关系。

核查 A1 小区与 B3 小区之间的邻区关系, 若没有邻区关系, 则添加邻区关系。

接着, 查看源小区状态, 看状态是否运行正常。

添加这两个小区邻区关系之后如仍不切换, 则检查源小区状态, 若状态运行正常, 则表示无故障。

最后, 查看 X2 接口的连接指示。

这两个小区的 X2 接口连接指示如果配置状态为“不存在”, 则修改为“存在”。

模拟题 3 参考答案

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 1ms, 10ms
2. VoLTE、SvLTE
3. IP 包头压缩
4. IMS
5. Non-GBR
6. AM 模式
7. eNodeB
8. 用户
9. 扩展 CP
10. PBCH
11. PDSCH
12. MME、eNodeB

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. (√)
2. (√)
3. (√)
4. (×)
5. (×)
6. (×)
7. (×)
8. (√)
9. (×)
10. (√)
11. (×)
12. (×)
13. (√)
14. (√)
15. (√)

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. (B)
2. (C)
3. (D)

4. (D)
5. (C)
6. (D)
7. (C)
8. (B)
9. (B)
10. (A)
11. (A)
12. (C)
13. (D)
14. (D)
15. (A)

四、多选题（每题 2 分，共 30 分）

1. (ABCD)
2. (ABCD)
3. (ABC)
4. (ABD)
5. (AC)
6. (ABC)
7. (ABCD)
8. (ACD)
9. (ABCDE)
10. (CD)
11. (ABCF)
12. (ABCD)
13. (ABCD)
14. (BCD)
15. (AC)

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. LTE 中参考信号 (RS) 的作用有哪些？

答：

- (1) 频率校正；
- (2) 提供基准相位，手机可以做相干解调；
- (3) 信道估计；
- (4) 测量，可以知道下行的信号质量及强度。

2. 请简要描述 FDD LTE 系统中同步 HARQ 的概念。

答：

主要有 3 点：

(1) HARQ 是指新传时间点与重传时间点为定时同步关系，LTE FDD 系统中，如终端在 n 时刻发送了上行新传数据，则如果在 $n+4$ 时间点收到 NACK 反馈，将必须在 $n+8$ 时间点做重传。

(2) 重传资源可以由 eNodeB 调度支配（自适应重传），或者 UE 使用首传资源（非自适应重传）。

(3) 同步 HARQ 仅应用在上行方向。

3. MME Pool 的主要特性是什么？

答：

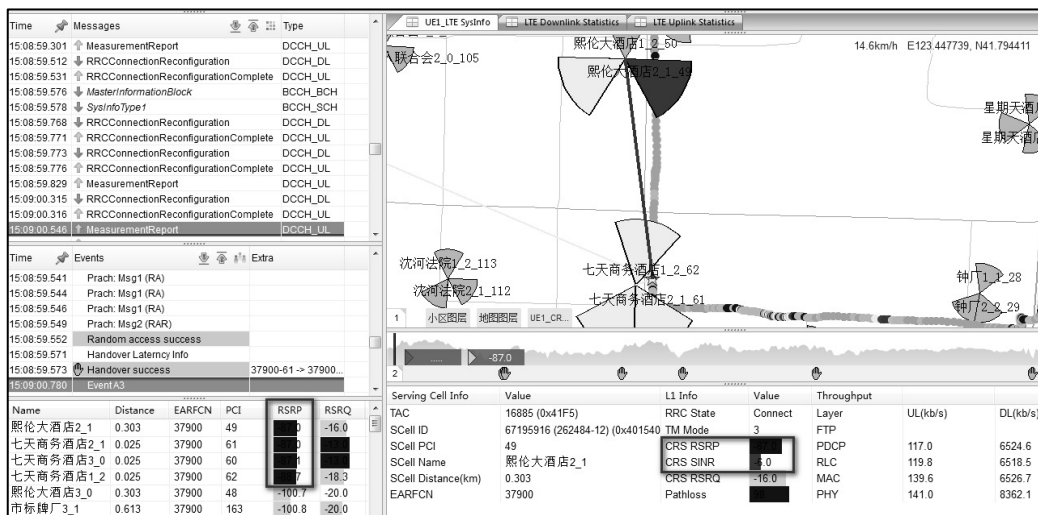
为实现负载分担，一组 MME 可组成一个 MME Pool（池）。

在 Pool 内多个 MME 同时为相同的无线区域服务，Pool 内 MME 与 Pool 内所有 eNodeB 互联，Pool 内 MME 之间实现资源共享，业务负荷分担。

eNodeB 获取 MME 的负荷权重并结合负荷权重来为 UE 选择接入的 MME。UE 在 MME 池区域中 TA 之间移动时，一般不需要更换为它提供服务的 MME 节点。

六、案例分析题（共 10 分）

根据以下路测截图，分析网络存在的问题并给出合理的解决方法。



答：

问题分析：熙伦大酒店 2 小区覆盖过远，在 7 天商务酒店基站下，与 7 天商务酒店的 3 个小区 RSRP 几乎相同；熙伦大酒店 2 小区与 7 天商务酒店 2 小区 PCI 模 3 都为 1，导致该路段 SINR 特别差，SINR=-6dB，速率也特别低，并且非常容易掉线。

解决方案：调整熙伦大酒店 2 小区下倾角，控制覆盖，降低干扰。

模拟题 4 参考答案

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. PCI
2. 半持续调度（SPS）
3. TTI Bundling
4. S11、SGi
5. AMR WB、23.85Kb/s
6. OFDM 技术、MIMO 技术和高阶调制技术
7. 静态分配、半静态分配、动态分配和协调调度
8. 多径衰落，频域选择性衰落
9. PCFICH 信道

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. (√)
2. (√)
3. (√)
4. (√)
5. (×)
6. (×)
7. (√)
8. (×)
9. (×)
10. (×)
11. (×)
12. (×)
13. (√)
14. (×)
15. (×)

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. (D)
2. (C)
3. (C)
4. (A)
5. (A)
6. (C)

7. (D)
8. (C)
9. (D)
10. (C)
11. (B)
12. (D)
13. (B)
14. (A)
15. (A)

四、多选题（每题 2 分，共 30 分）

1. (BD)
2. (ABCD)
3. (ABCD)
4. (ABCD)
5. (AB)
6. (ABC)
7. (BC)
8. (ACD)
9. (ABCD)
10. (ABC)
11. (ABCD)
12. (AB)
13. (ABCD)
14. (BC)
15. (ABCD)

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. 请举例说明天线选型时主要关注的天线参数。（5 个以上）

答：

天线增益、天线工作频段、电下倾角、水平半功率波束宽度、垂直半功率波束宽度、功率容量。

2. RLC 有几种模式，分别有什么功能？

答：

有 3 种模式：

TM，直接透传数据。（1 分）

UM，对数据进行重组、重排序，并且检测数据丢失。（2 分）

AM，确认模式，对数据进行重排序和组装，并且检测数据是否丢失进行重传。（2 分）

3. 切换掉线的主要原因有哪些？

答：

UE 与源小区上/下行不同步导致信息丢失；（1 分）

UE 无法正确解析物理信道重配置命令；（1 分）

UE 收到物理信道重配置消息，却无法在新小区建立上行同步；（1 分）

存在上行时隙干扰，使得目标小区 eNodeB 无法正确解析重配置完成的信令。（2 分）

六、案例分析题（共 10 分）

在分析 TOP 小区时，发现 A1 小区无线接通率为 0，其中 RRC 连接成功率为 100%，ERAB 建立次数及成功率均为 0，与前面 RRC 连接次数极不对称，统计指标如下图所示所示。

网元	LTE_无线接通率 [单位:%]	LTE_RRC连接建立 成功率[单位:%]	LTE_RRC.SuccCo nnEstab[单位:次]	LTE_RRC.AttConn Estab[单位:次]	LTE_E-RAB建立成 功率[单位:%]	LTE_ERAB.NbrSu ccEstab[单位:个]	LTE_ERAB.NbrA ttEstab[单位:个]
266 C2-HD堤村DL-H-1(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	100.00	100.00	1661.00	1661.00	0.00	0.00	0.00
375 C2-HD堤村DL-H-2(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	100.00	100.00	8.00	8.00	100.00	3.00	3.00
376 C2-HD堤村DL-H-3(PLMN=1,AREA=1,ENB=22)	100.00	100.00	22.00	22.00	100.00	10.00	10.00

该小区某配置文件如下。

配置文件-ENB=223060_2014-02-27-13-48				
小区网络规划				
实例描述	小区所属跟踪区的ID	移动国家码	移动网络码	小区预留指示
小区本地ID1	13694	640	00	不预留
小区本地ID2	13694	460	00	不预留
小区本地ID3	13694	460	00	不预留

请给出问题分析思路和解决办法。

答：

首先通过 CDL 对本基站 1 小区的 ERAB 建立进行分析，从信令流程上具体定位问题发现在哪个环节。

根据 CDL 信令流程或提示再核查基站的告警状态、是否故障或开站数据是否有误（如 SCTP 链路、VLAN、路由、基站 ID、MCC、MNC、TAC 等）。

（1）分析基站 CDL 日志。

方法步骤：通过分析本基站 1 小区的 CDL 日志，发现在本小区下，有终端一直进行 RRC 连接，但连接完成后直接释放，即不进行 ERAB 建立，信令流程图如下：

编号	时间戳	接口描述	事件名称	源	目标	NetE...	Local...	Cell ID	Cell UE ID
562	2014/02/24 00:02:52	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	539
582	2014/02/24 00:02:52	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	539
611	2014/02/24 00:03:02	Uu	RRCConnectionRequest	UE	eNB	223060	1	1	540
627	2014/02/24 00:03:02	Uu	RRCConnectionSetup	eNB	UE	223060	1	1	540
628	2014/02/24 00:03:02	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	540
649	2014/02/24 00:03:02	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	540
679	2014/02/24 00:03:12	Uu	RRCConnectionRequest	UE	eNB	223060	1	1	541
695	2014/02/24 00:03:12	Uu	RRCConnectionSetup	eNB	UE	223060	1	1	541
697	2014/02/24 00:03:12	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	541
717	2014/02/24 00:03:12	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	541
747	2014/02/24 00:03:22	Uu	RRCConnectionRequest	UE	eNB	223060	1	1	542
763	2014/02/24 00:03:22	Uu	RRCConnectionSetup	eNB	UE	223060	1	1	542
765	2014/02/24 00:03:22	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	542
785	2014/02/24 00:03:22	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	542
814	2014/02/24 00:03:32	Uu	RRCConnectionRequest	UE	eNB	223060	1	1	543
830	2014/02/24 00:03:32	Uu	RRCConnectionSetup	eNB	UE	223060	1	1	543
832	2014/02/24 00:03:32	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	543
852	2014/02/24 00:03:32	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	543
924	2014/02/24 00:06:06	Uu	RRCConnectionRequest	UE	eNB	223060	1	1	544
940	2014/02/24 00:06:06	Uu	RRCConnectionSetup	eNB	UE	223060	1	1	544
942	2014/02/24 00:06:06	Uu	RRCConnectionSetupComplete	UE	eNB	223060	1	1	544
962	2014/02/24 00:06:06	Uu	RRCConnectionRelease	eNB	UE	223060	1	1	544

(2) 核查基站的开站基础数据。

方法步骤：通过信令得知 UE 不进行 ERAB 建立，首先需要核查本小区是否存在故障或告警，通过核查后无这方面的因素；同时分析所有因为 UE 不进行 ERAB 建立，所以应该把参数核查重点放在跟核心网有关的参数上，因此通过检查基站的参数发现本站 1 小区的 MCC 设置为 640，正确设置 MCC 为 460。

总结：

(1) 当一个小区 RRC 连接成功率很高，但 ERAB 建立成功率比较低时，一般可确认空口不存在问题。此时一般可以从开站数据核查开始，即主要对涉及 UE 接入核心的参数进行核查，如 MCC、MNC、TAC 等。

(2) 一定要注意基站基础数据的配置是否正确，否则一个小小的失误将会造成基本的指标直线下降。

模拟题 5 参考答案

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. PSS 和 SSS
2. PUCCH
3. VoLTE, eSRVCC
4. SGSN
5. S1AP
6. S1-U 接口、X2 接口
7. SGs
8. 削弱 PAPR
9. 8
10. 16kHz
11. IMS
12. Sv 接口

二、判断题（每题 1 分，共 15 分）

1. (√)
2. (√)
3. (√)
4. (√)
5. (×)
6. (×)
7. (√)
8. (√)
9. (×)
10. (√)
11. (×)
12. (√)
13. (√)
14. (×)
15. (×)

三、单选题（每题 1 分，共 15 分）

1. (C)
2. (D)
3. (C)

4. (D)
5. (D)
6. (D)
7. (A)
8. (B)
9. (C)
10. (D)
11. (C)
12. (D)
13. (D)
14. (B)
15. (D)

四、多选题（每题 2 分，共 30 分）

1. (ABC)
2. (ABCE)
3. (ABCD)
4. (ABC)
5. (AC)
6. (ABCD)
7. (ABC)
8. (BD)
9. (ACD)
10. (ABC)
11. (ABCD)
12. (ABD)
13. (AD)
14. (BD)
15. (ABC)

五、简答题（每题 5 分，共 15 分）

1. 简述 EPC 核心网的主要网元和功能。

答：

EPC 主要包括 5 个基本网元。

移动性管理实体 (MME)：MME 用于 SAE 网络，也接入核心网的第一个控制平面节点，用于本地接入的控制。

服务网关 (SGW)：负责 UE 用户平面数据的传送、转发和路由切换等。

分组数据网网关 (PGW)：是分组数据接口的终接点，与各分组数据网络进行连接，提供与外部分组数据网络会话的定位功能、策略计费功能实体，是支持业务数据流检

测、策略实施和基于流量计费的功能实体的总称。

归属用户服务器 (HSS): 存储了 EPC 网络中用户所有与业务相关的数据, 提供用户签约信息管理和用户位置管理。

策略控制和计费规则单元 (PCRF): 主要用作策略控制和计费规则的制定, 终结于 Rx 接口和 Gx 接口。

2. LTE 中有哪些场景触发随机接入?

答:

随机接入是 UE 开始与网络通信之前的接入过程, 由 UE 向系统请求接入, 收到系统的响应并分配随机接入信道的过程。随机接入的目的是建立和网络上行同步关系及请求网络分配给 UE 专用资源, 进行正常的业务传输。

在 LTE 中, 以下场景会触发随机接入。

场景 1: 初始 RRC 连接建立, 当 UE 从空闲态转到连接态时, UE 会发起随机接入。

场景 2: RRC 连接重建, 当无线链接失败后, UE 需要重新建立 RRC 连接时, UE 会发起随机接入。

场景 3: 当 UE 进行切换时, UE 会在目标小区发起随机接入。

场景 4: 下行数据到达时, 当 UE 处于连接态, eNodeB 有下行数据需要传输给 UE, 却发现 UE 上行失步状态 (eNodeB 侧维护一个上行定时器, 如果上行定时器超时, eNodeB 没有收到 UE 的 sounding 信号, 则 eNodeB 认为 UE 上行失步), eNodeB 将控制 UE 发起随机接入。

场景 5: 上行数据到达时, 当 UE 处于连接态, UE 有上行数据需要传输给 eNodeB, 却发现自己处于上行失步状态 (UE 侧维护一个上行定时器, 如果上行定时器超时, UE 没有收到 eNodeB 调整 TA 的命令, 则 UE 认为自己上行失步), UE 将发起随机接入。

3. 什么是 MIMO? 可带来哪些增益?

MIMO (Multiple Input Multiple Output) 即多收多发, 利用空间维度的资源、在发送端或接收端采用多天线进行数据传输, 并且结合一定的信息处理技术, 能够通过提高频谱效率来达到最大化的系统容量、更广的覆盖和更高的用户速率。

常用的 MIMO 有 DL 4×2 及 DL 2×2 MIMO。DL 4×2 表示基站侧有 4 根天线进行发射数据, UE 侧采用 2 根天线接收。

MIMO 使信号在空间获得阵列增益、分集增益、复用增益和干扰抵消增益。

阵列增益: MIMO 系统利用各天线上信号的相关性和噪声的非相关性, 提高合并后信号的平均 SINR 而获得的性能增益。

分集增益: MIMO 系统对抗信道衰落对性能的影响, 利用各天线上信号深衰落的不相关性, 减小合并后信号的衰落幅度 (即信噪比的方差) 而获得的性能增益。

复用增益: 在相同带宽、相同总发射功率的前提下, 通过增加空间信道的维数 (即增加天线数目) 获得的吞吐量增益。

干扰抵消增益: 通过利用 IRC 或其他多天线干扰抵消算法, 为系统带来的干扰场景下的增益。

六、案例分析题 (共 10 分)

UE 占用 A3 (PCI: 108) 小区进行 FTP 下载测试, 在长河路-江南大道路口 UE 尝试

切换到 B1 (PCI: 63) 小区时, 会出现切换失败或切换完成后掉线, 最终 UE 重选到 B1 小区。掉线区域, RSRP 正常 (-80dBm), 但 SINR 较差 (-8dB 左右)。

由 B1 小区向 A3 小区切换时也会发生切换失败和掉线, 最终小区进行重选。

请分析问题最可能的原因和解决方案。

答:

此处无线环境 RSRP 相对较好, 仅是 SINR 较差, 初步判断是小区间干扰导致掉线。

SINR 值差区域在 A3 小区 (PCI=108) 和 B1 小区 (PCI=63) 切换带上, 两小区 PCI 的模 3 余数均为 0。

LTE 扰码中小区标识 Cell ID 由物理层小区标识组 ID 和物理层小区标识组内的小区标识 ID 构成。小区标识 $\text{Cell ID} = 3 \times \text{物理层小区标识组 ID} + \text{物理层小区标识组内的小区标识 ID}$ 。

物理层小区标识组 ID 的取值范围为 $0 \sim 167$, 用来对辅同步信号加扰; 物理层小区标识组内的小区标识 ID 的取值为 0, 1, 2, 用来对主同步信号进行加扰。

因 A3 (PCI: 108) 小区和 B1 (PCI: 63) 小区 PCI 模 3 结果都是 0, 对主同步信号的加扰方式相同, 从而造成切换时 SINR 较差, 同步建立困难, 进而发生切换失败和掉线问题。

结合周围站点的覆盖情况分析, 将 B1 (PCI: 63) 小区和 B3 (PCI: 65) 小区的 PCI 进行对调。

通知后台修改后, 对该区域进行多次复测, 两小区间切换正常, 未出现掉线问题。SINR 值由原来的 -8dB 提升到 10dB 。

附录 LTE 无线网优工程师 各等级技能要求

分 类	等 级		
	初级工程师	中级工程师	高级工程师
工作要求	<p>侧重各项重复性测试工作</p> <p>可以完成简单报告输出</p>	<p>具备 RF 优化、簇优化能力，能够进行网格测试保障</p> <p>熟练进行网管操作、指标监控、TOP 小区处理</p> <p>可以给出针对“点”的优化调整方案</p> <p>能够给初级工程师合理分配测试任务</p>	<p>具备网络结构评估能力（网络结构、网络资源、现网参数及测试数据等）</p> <p>具备根据评估结果出具整体优化方案的能力，注重“面”的优化</p> <p>能够解决网络的疑难杂症</p> <p>具备人、事协调能力，方案的落地能力</p>
理论知识	了解	运用	深入分析、疑难杂症、团队管理
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解无线网络基本知识 2. 了解 LTE 网络关键技术、帧结构、频点扰码、常用信令 3. 了解一个厂家网管基本参数（功率、接入、切换参数） 4. 基本了解自动路测设备 ATU 5. 了解现网频点使用范围 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解无线网、核心网、传输、接入网等端到端网络知识 2. 熟记物理层过程、无线资源管理、网络交互信令，并且能够熟练运用信令分析问题 3. 熟悉各厂家网管参数 4. 熟练应用自动路测设备 ATU 功能及作用 5. 具备频点、PCI、邻区规划优化能力 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟悉多种网络制式的原理，各种协议、流程融会贯通，熟练掌握端到端网络知识 2. 熟练应用信令分析工具，解决疑难杂症问题 3. 熟悉参数在实际应用中对指标的影响，能够给出现网参数应用的合理建议 4. 熟练掌握各项算法及其差异，知道其使用的场景和条件 5. 熟练掌握 2G、3G、4G 网络参数，能够给出网络参数规划优化的可行性方案
测试软件使用及问题分析能力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练至少一种测试软件，包括测试软件系统环境安装调测、设备调试、测试软件调测、测试软件使用等 2. 能够完成基本测试任务，并且读懂各项指标，反馈需要的数据 3. 根据后台提供的数据，制作测试软件工参数据 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练使用测试软件，能够通过信令分析问题点，并调整参数解决 2. 通过测试 LOG 分析，能够分析问题点，提出解决方案，包括 RF 优化、参数调整等 3. 复杂簇优化能力，RF 方案制订，优化调整 4. ATU 保障、网格优化能力 5. 能够处理普通用户的投诉 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练掌握路测、话统、信令监测等各种分析工具，熟悉各厂家不同软件工具之间的差异，能够解决路测碰到的疑难问题 2. 提取外场测试软件信令，结合后台日志文件，做前、后台信令对比分析，具备复杂问题点的分析能力，并能给出优化方案 3. 需配合研发进行各项日志文件（LOG）的分析处理，解决疑难杂症 4. 分析测试日志过程中，能够发现终端及设备问题，能够辅助定位算法发现非无线侧造成的网络问题

续表

分 类	等 级		
	初级工程师	中级工程师	高级工程师
测试软件使用及问题分析能力	<p>4. 能够进行 DT、CQT 测试, 拉网测试, 单站验证, 简单簇优化, 一般问题点处理</p> <p>5. 通过测试发现一些简单问题, 能够协调后台进行处理 (如站点是否开通、状态是否正常、是否存在告警、邻区是否添加等)</p>		<p>5. 具备复杂问题点分析及综合处理能力, 能够对领导的复杂投诉进行处理</p>
网管操作能力 (包含网管、MR)	<p>无要求, 要有一颗向往后台学习的心</p>	<p>1. 熟悉网管及其他软件的安装、安装环境配置</p> <p>2. 熟练使用网管软件 (MML 命令、告警、小区状态查询等) 及各种日志文件提取</p> <p>3. KPI 指标提取, 并能够根据 KPI 情况进行分析</p> <p>4. 脚本制作, 批处理命令执行</p> <p>5. ATU 保障、CDT 信令跟踪、监控</p>	<p>1. 熟练运用多厂家网管软件、各种平台, 熟悉各厂家网管软件和平台的差异</p> <p>2. 熟悉各项网管参数及调整规范、指标 counter 值的含义, 并能熟练应用</p> <p>3. 处理疑难问题点, 能够精确给出优化方案, 精确调整各项参数</p> <p>4. 能够根据需要制作相应工具, 提高工作效率</p> <p>5. 能够进行 ATU 保障及大话务等, 各项保障算法实施, 效果监控</p>
网优软件使用 (MAPINFO、AFCC、PCHR、OMSTAR 等)	<p>能够简单使用 MAPINFO, 看懂图层、通过图层查找站点</p>	<p>1. 能够熟练使用 MAPINFO (图层制作、测试线路规划等)</p> <p>2. 能够通过 MAPINFO 及后台现网数据进行频点、PCI、邻区规划</p>	<p>1. 能够熟练使用 MAPINFO、各种规划优化软件</p> <p>2. 能够熟练使用各项网络分析软件 (PCHR、AFCC、OMSTAR、MR), 针对现网进行分析, 发现问题点</p> <p>3. 能够对各种分析软件及网管数据结合使用, 进行问题分析, 解决疑难杂症</p>
报告能力	<p>1. 能够统计测试软件数据</p> <p>2. 能够对 ATU 测试平台进行数据统计, 报表输出</p> <p>3. 书写简单测试报告</p> <p>4. 书写简单投诉报告</p>	<p>1. 书写簇优化调整方案、优化报告</p> <p>2. 根据统计 ATU 测试结果, 输出分析报告及调整方案</p> <p>3. 能够进行信令详细分析, 问题点处理及优化报告</p> <p>4. 网络结构分析报告 (RF 部分)</p> <p>5. 能够根据后台参数, 给出针对邻区、功率、接入参数、切换参数的分析报告</p> <p>6. 能够输出优化典型案例</p>	<p>1. 通过评估网络结构、网管参数、现网指标情况, 有针对性地做出网络评估报告</p> <p>2. 给出优化调整方案, 书写优化调整方案</p> <p>3. 给出高层次网络优化成效汇报 (优化效果对比报告)</p> <p>4. 能够给出性能、算法应用分析报告、多厂家对比分析报告</p> <p>5. 能够输出优化经典案例, 可作为其他工程师的日常工作教案</p>

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任 and 行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

